



Universidad
Carlos III de Madrid

Ingeniería Técnica informática de Gestión

TRABAJO FIN DE INGENIERIA TÉCNICA INFORMÁTICA

DESARROLLO DE UN APLICACIÓN CON ACCESO ORAL PARA DISPOSITIVOS MÓVILES ANDROID

Autor: Iván Luis Rodríguez Robles

Tutor: Dr. David Griol Barres

Leganés, Mayo de 2015

Título: Desarrollo de una aplicación con acceso oral para dispositivos Android,
Autor: Ivan Luis Rodríguez Robles
Tutor: Dr. David Griol Barres

EL TRIBUNAL

Presidente: _____

Vocal: _____

Secretario : _____

Realizado el acto de defensa y lectura del Trabajo Fin de Grado el día __ de _____ de 20__ en Leganés, en la Escuela Politécnica Superior de la Universidad Carlos III de Madrid, acuerda otorgarle la CALIFICACIÓN de

VOCAL

SECRETARIO

PRESIDENTE

Agradecimientos

A David Griol, mi tutor en este ultimo trabajo, quiero agradecer por facilitarme el acceso al mundo de la Realidad Aumentada sobre sistemas móviles, por su colaboración y motivación en el proyecto fin de carrera.

A todos los profesores que me han impartido clases en estos años de universidad y que me han proporcionado conocimientos que he podido utilizar permitiendome desarrollarme mejor profesionalmente.

A mis padres, Luis y Prudencia, mis agradecimientos en subrayado y en negrita. Ellos, son quienes siempre me han apoyado en todas las decisiones importantes, unas con un final más alegre que otras. Gracias por esa constancia y paciencia incondicional, gracias por dar siempre el ejemplo de ser buenas personas ante todas las cosas.

A mi novia Belén todos estos años ha estado empujándome hacia la finalización de la carrera y me ha estado escuchando, en cada aprobado y en cada suspenso. Siempre ha estado ahí para ayudarme con las tareas del día a día, las cenas, la compra. Gracias Belén.

A mi hermano Oscar que siempre me ha estado animando para continuar. Siempre dándome buenos consejos de cuando estudiar y cuando pasarlo bien. Gracias hermano.

A mis amigas y amigos, que siempre me están animando en mi toma de decisiones, gracias por estar ahí en los momentos divertidos como en los difíciles.

Gracias a los compañeros y amigos de la universidad, con los que he compartido tantísimas horas de estudio y tanto nos hemos reído.

En conclusión, muchísimas gracias a todos los que habéis estado a mi lado en la distancia o en la cercanía, sin vuestro apoyo no habría alcanzado esta meta.

Resumen

El objetivo principal de este trabajo PFC es el desarrollo de una aplicación “**Asistente Turístico avanzado que combina la Realidad Aumentada con sistemas de dialogo multimodal en teléfonos inteligentes Android**”. Una aplicación que usando la cámara a modo de ventana proporciona un valor añadido del entorno que rodea al usuario, mezclando realidad virtual con realidad. Esto es posible mediante el GPS y los fotogramas recibidos con la cámara. La aplicación analiza los datos y es capaz de mostrar los puntos de interés turísticos (PDIs) que rodean al usuario. El usuario puede seleccionar un PDIs y realizar preguntas de forma oral y la aplicación las contesta por el mismo canal. También podrá acceder a la acceder a la información existente en internet del PDI.

La aplicación incluye las funcionalidades para la detección y representación de objetos mediante cámara y geo-posicionamiento del usuario, además de las funcionalidades necesarias de interacción oral para acceder/consultar información de los objetos. Estas características proporcionan un valor añadido sobre el entorno del usuario.

El programa hace uso de las tecnologías de SW actuales, sistema operativo Android, librería de Realidad Aumentada (Wikitude.com), reconocimiento y síntesis de voz (SpeechToText y Speech Recognition), bases de datos (SQLite), lenguajes de programación Java, HTML 5, JavaScript y SQL dotándola de flexibilidad, calidad y eficiencia.

El Trabajo Fin de Carrera se complementa con un análisis detallado de la Realidad Aumentada en los sistemas móviles, centrándose especialmente en Android. Estos estudios se han realizado con el objetivo de sacar el mejor rendimiento a la aplicación y completar con facilidad y éxito el desarrollo de la aplicación.

Palabras clave: Sistemas operativos móviles, Android, Realidad Aumentada, Realidad Virtual, dispositivos móviles, interacción oral, aplicación, bases de datos.

Abstract

The main goal of the Final Project Career is the development of an application “advanced turistic assistant that combines Augmented Reality with multimodal dialog in Android Smartphones”. With the camera as an out-world window the application provides information about the user’s environment. This can be done with the GPS device and camera frames. The application analyzes this data and shows the turistic points of interest (POIs) that surround the user. Users can select a POI, and get information about the POI asking by voice, then the application replies also by voice. Also the application opens a browser with the wikipedia of the POI and the most relevant google results.

The application includes the functionality for the detection and representation of objects using camera and geo-positioning of the user, furthermore the oral interaction capabilities necessary to access / view information objects. These features provide added value for the user's environment.

The program make use of the latest software tecnologies like, Android Operative System, Augmented Reality (Wikitude), Synthesis and voice recognition, data bases (SQLite), and latest programming languages as Java, HTML 5, Java Script and SQL, providing quality, flixibility, and efficiency.

The Project is complemented with a detailed analysis of the Augmented Reality on mobile systems, especially focussing in Android. These studios has been performed in order to get the best performance for the application.

Key Words: Mobile Systems, Operative Sistems Mobiles, Android, Augmented Reality, Virtual Reality, multimodal dialog systems, applications, data bases.

Índice General.

1.	Introducción.....	1
1.1	Antecedentes.....	1
1.2	Objetivos	5
1.3	Fases del desarrollo.....	6
1.4	Planificación temporal.....	7
1.5	Medios y documentación utilizados	9
1.6	Estructura de la memoria.....	10
2.	Estado del arte.	12
2.1	Estado del arte sistemas móviles.....	12
2.1.1	Sistemas móviles más destacados.....	14
2.1.2	Sistemas operativos móviles.....	15
2.1.3	Sistemas operativos móviles más destacados.	17
2.2	Estado del arte Realidad Aumentada.....	21
2.2.1	Antecedentes.....	22
2.2.2	Estado de la realidad aumentada	27
2.2.3	Realidad Aumentada en Smartphones.....	28
2.2.4	Plataformas de desarrollo de RA.....	29
2.2.5	Elección de la plataforma de Realidad aumentada.....	31
2.3	Android.....	38
2.3.1	Arquitectura Android.....	38
2.3.2	Versiones de Android y su API.....	41
2.4	Librería de Realidad aumentada Wikitude.....	41
3.	Descripción General del Sistema.....	45
3.1	Presentación del sistema.....	45
3.2	Herramientas Utilizadas.....	46
3.2.1	Recursos utilizados para desarrollar.....	46
3.2.2	Recursos necesarios para el sistema.....	47
3.3	Esquema de diseño y utilización de los recursos.....	47
3.3.1	Java.....	49
3.3.2	HMLT 5 y JavaScript.....	51
4.	Descripción detallada de los módulos de sistema.	53
4.1	Módulos Java.....	53
4.1.1	Modulo ARactivity. Motor de RA.....	53
4.1.2	Módulo iuAR. Interfaz de Usuario.....	58
4.1.3	Módulo PoiDatabase. Gestión de los datos de los objetos de RA.....	62
4.1.4	Módulo SQL.....	64
4.2	Módulos WEB.....	66
4.2.1	Módulo HTML index.html	66
4.2.2	Módulo Java Script IrAndGeo.....	67
4.2.3	Módulo Java Script Creación de Objetos.....	69
5.	Evaluación de la aplicación.....	71
5.1	Metodología de evaluación.....	71
5.2	Resultados de la evaluación.....	73
5.3	Conclusiones de la evaluación.....	78
6.	Conclusiones y trabajo futuro.....	79
6.1	Conclusiones	79
6.2	Trabajo futuro.....	81

Presupuesto	84
Anexo.....	87
Manual de instalación.....	87
Requisitos Mínimos:	87
Pasos para instalar la aplicación:.....	87
GLOSARIO	89
Bibliografía.....	91

Índice de Tablas.

Tabla 1 Factores que propician y dificultan el desarrollo de la RA.....	27
Tabla 2 Requerimientos HW de la aplicación.....	32
Tabla 3 Características Samsung Galaxy S4.....	33
Tabla 4 Características HW Nexus 5.....	34
Tabla 5 Características HW iPad2.....	35
Tabla 6 Características Android e iOS.....	36
Tabla 7 Características Plataformas Desarrollo RA	37
Tabla 8 Capas de SW S. Operativo Android.	38
Tabla 9 Niveles desarrollo Aplicación.....	44
Tabla 10 Preguntas encuesta evaluación Aplicación.....	72
Tabla 11 Resultados encuestas	73
Tabla 12 Costes Recursos HW.....	84
Tabla 13 Costes Recursos HW	84
Tabla 14 Costes Recursos Humanos.....	84
Tabla 15 Costes Planificación	85
Tabla 16 Costes Desarrollo.....	85
Tabla 17 Costes documetación.....	85
Tabla 18 Coste Total PFC.....	85

Índice de Figuras.

Figura 1-1 App. De Realidad aumentada Pacman.....	3
Figura 1-2 Aplicación Anatomy 4-d	4
Figura 1-3 Aplicación Anatomy 4-d	4
Figura 1-4 Aplicación Field Trip.....	5
Figura 1-5 Aplicación Field Trip.....	5
Figura 1-6 Cronograma de planificación del PFC.....	8
Figura 2-1 Tiempo utilizado en Moviles y TV.....	13
Figura 2-2 Cuota mercado Fabricantes de teléfono.....	14
Figura 2-3 Ranking de sistemas operativos más usados.	16
Figura 2-4 Arquitectura Android	19
Figura 2-5 Plataforma Java Micro Edition.....	20
Figura 2-6 Definicion RA 1994.....	22
Figura 2-7 Ivan Stutherland usando su gafas de RV.....	23
Figura 2-8 Jugando con VideoPlace.....	24
Figura 2-9 Realidad Virtual de VPL Research.....	24
Figura 2-10 Prototipo KARMA	25
Figura 2-11 Vista con la gafas de RA “Google Glass”	26
Figura 2-12 Ciclo vida aplicación Android.....	43
Figura 3-1 Espacios de desarrollo Wikitude.....	48
Figura 3-2 Módulos dedicados a la RA.....	49
Figura 3-3 Posible Interfaz de aplicación RA.....	50
Figura 3-4 Diseño Final del Interfaz de aplicación.....	50
Figura 4-1 Ciclo vida aplicación Android.....	54
Figura 4-2 Interfaz de comunicación Java JavaScript.....	56
Figura 4-3 Interfaz de RA de la aplicación.....	66
Figura 4-4 Esquema Arquitectura Java Script Java	68
Figura 5-1 Pregunta 1. Encuesta.....	74
Figura 5-2 Pregunta 2 encuesta.....	74
Figura 5-3 Pregunta 3 encuesta.....	74
Figura 5-4 Pregunta 4 encuesta.....	75
Figura 5-5 Pregunta 5 encuesta.....	75
Figura 5-6 Pregunta 6 encuesta.....	75
Figura 5-7 Pregunta 7 encuesta.....	76
Figura 5-8 Pregunta 8 encuesta.....	76
Figura 5-9 Pregunta 9 encuesta.....	76
Figura 5-10 Pregunta 10 encuesta.....	77
Figura 5-11 Pregunta 11 encuesta.....	77
Figura 5-12 Pregunta 12 encuesta.....	77
Figura 5-13 Pregunta 13 encuesta.....	78
Figura 5-14 Pregunta 14 encuesta.....	78
Figura 6-1 Esquema diseño Aplicación POIs.....	80

Capítulo 1

1. Introducción

En el capítulo actual se describen los antecedentes del Proyecto Fin de Carrera, se asientan los objetivos que se definieron para el mismo y se indican los aspectos generales relativos a las fases de planificación e implementación, así como las secciones que conforman este documento.

1.1 Antecedentes

La facilidad de acceso a la información que hoy en día proporcionan las computadoras ha hecho que se conviertan en valiosas herramientas para el ser humano. Si además se tiene en cuenta la llegada de los dispositivos móviles, casi computadoras reducidas al tamaño de la palma de la mano, entonces podemos hablar no de herramientas si no casi de extremidades. Estos dispositivos de acceso a la información cada día son más ergonómicos y proporcionan mejores funcionalidades. Esto ha sido en cierta medida posible a mercado muy competitivo de usuarios cada día más exigentes. Hoy por hoy, para estar en la vanguardia se buscan diferentes métodos de comunicación entre usuarios y máquinas, así como diferentes interfaces hacia la información, y todo con un único fin: construir un contenido fácil y rico en información de nuestro entorno más cercano o lejano.

Cada día que pasa los sistemas informáticos tienen más posibilidades, integran más dispositivos y cada vez son más pequeños. Estos periféricos no solo permiten acceder a información de cualquier naturaleza y casi en cualquier lugar, si no que además permiten que la interacción con ellos sea de forma más natural. El micrófono y el altavoz, la pantalla y su capacidad para reconocer gestos sobre ella, han permitido a los ingenieros de software aprovechar sus capacidades para desarrollar aplicaciones más cercanas y más intuitivas para el ser humano.

Este tipo de interacción se acentúa sobre todo en los dispositivos móviles. Estos

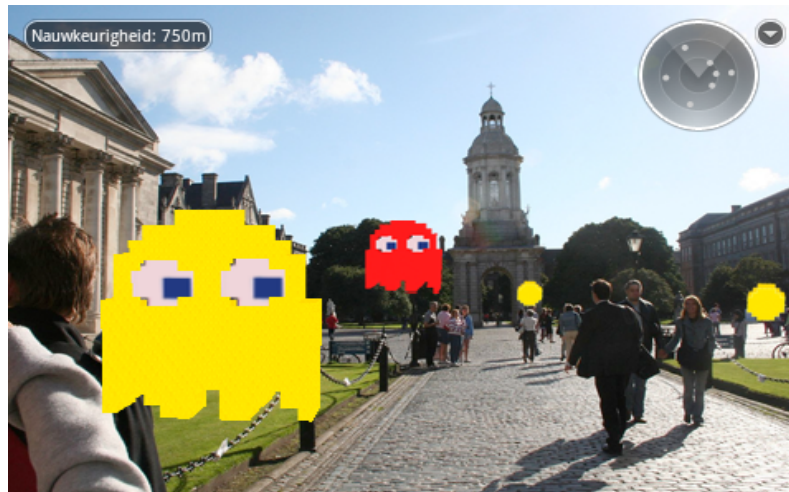
pequeños sistemas además vienen equipados con sensores capaces de reconocer el entorno del usuario, su geo-posición, la posición del teléfono, gestos de usuario, etc. Estas capacidades combinadas con el acceso a la información desde cualquier ubicación han permitido a las aplicaciones proporcionar servicios que antes no eran posible, servicios que incrementan la información del entorno que rodea al usuario, servicios de Realidad Aumentada (RA). Las aplicaciones que hacen uso de la Realidad Aumentada ofrecen un valor añadido al entorno del usuario, combinando elementos virtuales con elementos físicos; creando una realidad mixta.

La RA surgió por primera vez en los años 70, como una tecnología orientada a las experiencias en mundos virtuales. El término fue acuñado por Tom Caudell en 1992, y a partir de ese momento se sucedieron diferentes aplicaciones y plataformas para desarrollar más tecnología y aplicaciones de realidad aumentada [INNOVAE].

Ya hace unas décadas existía la capacidad de crear escenarios de RA pero ha sido hace poco cuando se han vuelto fáciles de usar y de implementar. Entorno al 2005, con la llegada de tarjetas gráficas cada vez mas potentes, capaces de mover a la vez más de 100K polígonos, ha resultado posible introducir la RA en los video juegos. Pero con la llegada de sistemas móviles, sobre todo teléfonos inteligentes, smartphones, ha sido cuando ha dado lugar a que hoy día sea posible disfrutar de aplicaciones de RA en cualquier lugar [FUNDACIONTELEFONICA].

Existe un abanico muy amplio de aplicaciones que hacen uso de la realidad aumentada para diferentes ámbitos. Hoy en día la RA está presente en escenarios de educación, marketing, turismo, medicina, servicios públicos, juegos, etc. A continuación se enumeran algunas aplicaciones:

- **Pacman:** Un juego muy conocido creado para RA por Layar, compañía dedicada a ofrecer servicios de RA. Como se puede ver en la Figura 1-1, a cielo abierto los fantasmas persiguen a los jugadores, que toman el papel de Pac-man con el objetivo de comer tantas pastillas como puedas para así ganar más puntos que los contrincantes [LAYAR].



**Figura 1-1 App. De Realidad aumentada Pacman.
Fantamas persiguen a Pacman a cielo abierto.**

- **Anatomy 4D** es una aplicación de la compañía DAQRI, EEUU, que ofrece servicios de RA. Con ella se tiene acceso a una plataforma de educación para estudiar la anatomía humana de una forma diferente. Proporciona una experiencia visual a los alumnos reproduciendo las disecciones anatómicas humanas.

Como se muestran en las figuras de abajo, a partir de una plantilla de papel, la aplicación detecta el contenido mediante la cámara y muestra un modelo en 3D de una parte de la anatomía del cuerpo humano.

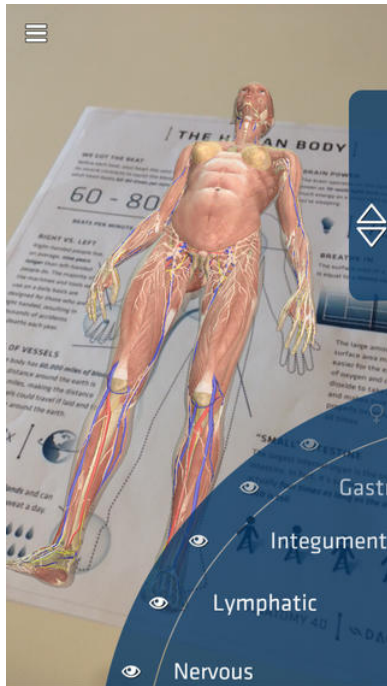


Figura 1-2 Aplicación Anatomy 4-d

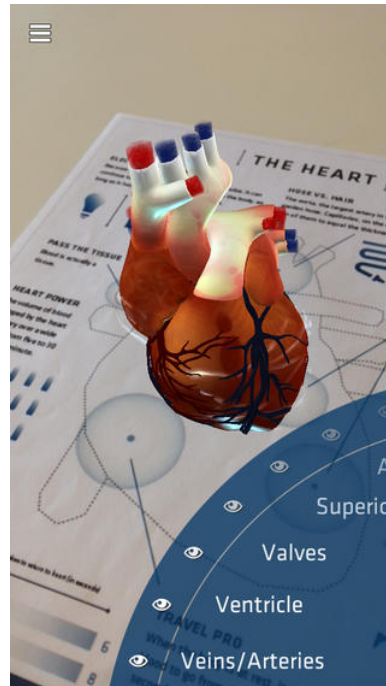


Figura 1-3 Aplicación Anatomy 4-d

El estudiante puede seleccionar qué partes de la anatomía puede examinar en el modelo, teniendo acceso a todos los detalles del cuerpo humano. Todos los modelos incluyen una explicación, además de poder ver y oír su comportamiento.

La aplicación está siendo utilizada en muchos institutos por muchos profesores y universidades incluyendo las universidades de Illinois, Stanford, y el Trinity College.

Anatomy 4D tienen más de 250k descargas, y ofrece de forma gratuita, para Android e iOS, las plantillas de detección y la aplicación.[ANATOMY 4D]

- **Field Trip:** es una aplicación de realidad aumentada que hace de guía turístico mediante la posición del usuario. No todas las aplicaciones de RA utilizan la cámara para obtener información del entorno, también se utiliza el GPS para obtener la información que rodea al usuario. En esta aplicación se presenta un mapa en el que se visualizan los puntos de interés, lugares históricos, eventos, diversión, que rodean [FIELDTRIPPER].

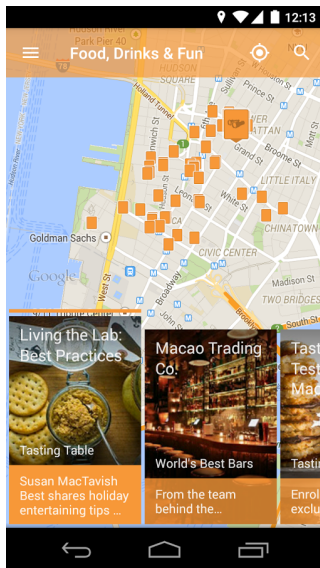


Figura 1-4 Aplicación Field Trip

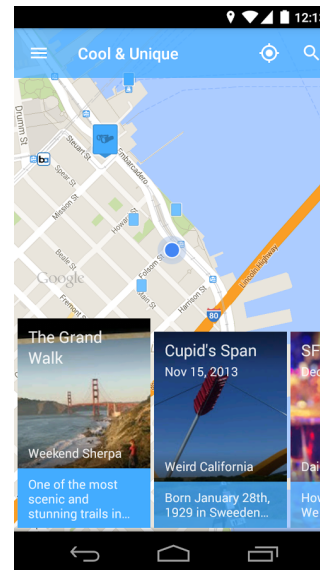


Figura 1-5 Aplicación Field Trip

La aplicación a desarrollar en PFC comparte con estas aplicaciones la funcionalidad RA, pero aparte añade un componente que humaniza la aplicación, un canal de comunicación distinto, el acceso oral. El acceso oral proporcionará al usuario un interfaz de comunicación más natural, y la RA un mecanismo nuevo para averiguar qué puntos de interés le rodean.

1.2 Objetivos

La finalidad del PFC es llevar a cabo un asistente turístico avanzado que utilice la RA y combinada con sistema de dialogo multimodal en Android. Los usuarios podrán obtener información añadida del entorno que les rodea y obtener información mediante pregunta respuesta en forma de dialogo.

En este marco de trabajo, los usuarios de la aplicación podrán consultar información de los PDIs simplemente visualizando su entorno a través de la cámara del dispositivo a modo de ventana, creando así una realidad que combina elemento reales con elementos virtuales. Cuando estos PDIs sean detectados se representarán en la cámara mediante un icono (este icono suele llamarse Marker). El usuario podrá seleccionar uno de esos Markers tocándolo y así consultar su información realizando preguntas y atendiendo a las repuestas. También tendrá acceso a la Wikipedia o a una búsqueda en internet de PDI.

Los PDIs que proporcionará la aplicación estarán relacionados con la cultura, la implementación tendrá en cuenta la sencillez para generalizarse con cualquier tipo de objetos que envuelvan al usuario para que sea fácilmente aprovechable en otros contextos de RA.

En base al objetivo principal citado, se ha comenzado por definir los objetivos iniciales:

1. Completar un análisis detallado de los principales sistemas móviles y sus sistemas operativos junto con la RA. Para ello se estudiará la arquitectura, el lenguaje de programación, el coste de publicación de aplicaciones, etc., de cada uno de ellos. Por último, realizar un análisis de la evolución de sus respectivas cuotas de mercado en los últimos tres años.
2. Llevar a cabo un estudio del sistema operativo y la plataforma elegida para trabajar con Realidad Aumentada. En nuestro caso Android como sistema operativo y WiKitude como plataforma de RA.
3. Diseñar e implementar y evaluar la aplicación de realidad aumentada.
4. Realizar la documentación de los objetivos anteriores.

1.3 Fases del desarrollo.

La realización de este Proyecto de Fin de Carrera se ha estructurado en tres fases de bien diferenciadas que se comentan a continuación:

- **Fase 1: Planificación:**
 - Estado del arte de los sistemas móviles.
 - Estado del arte de la Realidad aumentada.
 - Estudio de Realidad aumentada en los smartphones. Estudio de las posibilidades actuales que ofrecen los sistemas móviles para las aplicaciones en smartphones.
 - Planificación y análisis de las necesidades de la aplicación. Aproximación a las plataformas de desarrollo de RA y su sistema operativo. Selección de la plataforma de desarrollo para la aplicación a implementar.

- **Fase 2: Desarrollo:**

- Análisis y diseño inicial: Descomposición de las funcionalidades de la aplicación en diferentes módulos y sub-módulos, y creación de bocetos del interfaz de usuario.
- Implementación del sistema: Construcción de los módulos y sub-módulos, y de las correspondientes interfaces para facilitar la interacción entre ellos.
- Pruebas unitarias: Análisis, parametrización y ejecución de pruebas funcionales para cada módulo.
- Pruebas de integración: Pruebas del sistema completo hasta alcanzar una versión estable del mismo.
- Evaluación de la aplicación. Estudio de los sistemas de evaluación para sistemas de realidad aumentada, realización de las preguntas de la encuesta de evaluación, recogida estudio y conclusión de los resultados.

Fase 3: Documentación:

- **Memoria del Proyecto Fin de Carrera.** Redacción del documento actual de memoria del Proyecto Fin de Carrera.
- **Preparación de la presentación.**

1.4 Planificación temporal

El PFC requiere una planificación temporal que ayude a realizar un seguimiento de la ejecución de las fases. Con este fin se han utilizado diagramas de Gantt. En la planificación se ha tenido en cuenta las tareas enumeradas en el punto anterior, mostradas en la figura siguiente, comprendidas entre el hito **Inicio PFC** y el hito **Finalización Proyecto Fin de Carrera**.

La duración del Proyecto fin de carrera se ha obtenido teniendo en cuenta semanas de cinco días laborales con una duración de jornada de tres horas cada día. Total quince horas semanales.

Con la figura de abajo se tiene una visión temporal de la vida del proyecto y de cada una de sus fases y tareas.

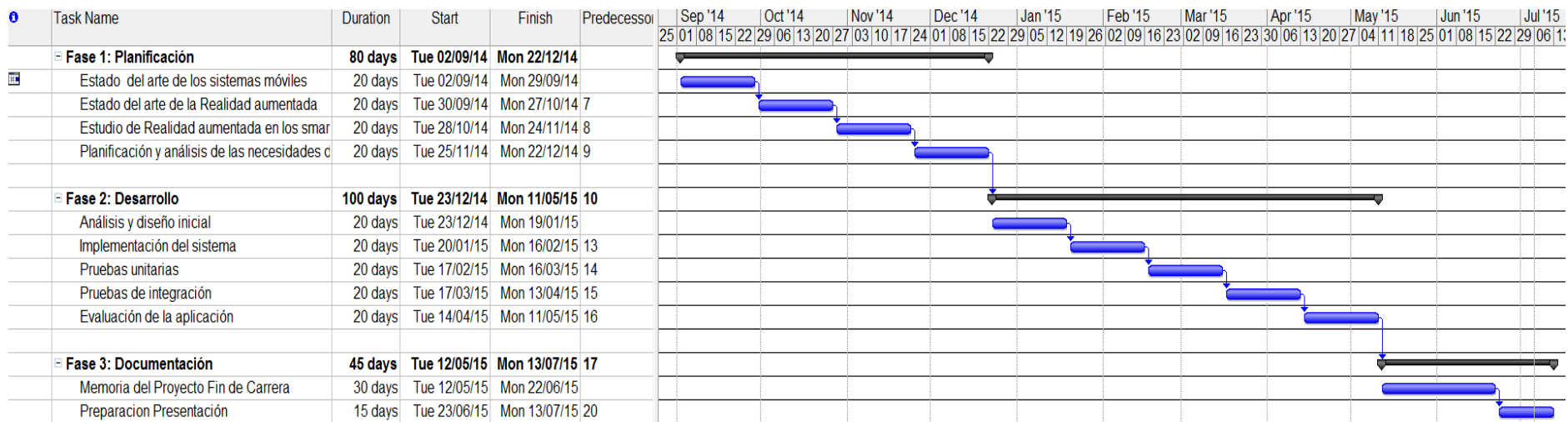


Figura 1-6 Cronograma de planificación del PFC

1.5 Medios y documentación utilizados

A continuación se enumeran los medios empleados para la realización del trabajo PFC:

- **Dispositivos Hardware:**
 - Ordenador portátil.
 - 2 Smartphone:
 - Samsung Galaxy S4 con sistema operativo Android 4.4 Kit-Kat.
 - Nexus 5 con sistema operativo Android 4.4 Kit-Kat.
- **Herramientas software:**
 - Plataforma Eclipse Juno con adaptaciones para Android.
 - Plataforma de desarrollo de Realidad Aumentada Wikitude.
 - Paquete Microsoft Office 2011 para Mac.
 - Navegador web.
 - Visualizador de documentos poscript y pdf “Vista Previa”
 - Editor de programación Understand 3.1 2013.
 - Editor de HTML y Java Script Sublime.

En el documento presente, sección Presupuesto, están disponibles los cálculos relativos al coste de los instrumentos que se acaban de citar.

En referencia a la documentación examinada cabe destacar:

- La ayuda de la SDK en Android developers.
- Documentación de la SDK de la plataforma de Realidad Aumentada Wikitude.
- Páginas dedicadas a la RA:
 - realidadaugmentada.info
 - www.realidad-aumentada.eu
 - Wikipedia
 - Fundación Telefónica Realidad Aumentada.

1.6 Estructura de la memoria

Con el objetivo de facilitar la lectura de la memoria, a continuación se incluye un breve resumen de cada uno de los capítulos que la integran:

- **Capítulo 1:** Introducción. En este primer capítulo se establecen el propósito y los objetivos del PFC. Además, se incluyen las fases de desarrollo, la planificación temporal, los medios empleados y la estructura de la memoria.
- **Capítulo 2:** Estado del arte. Análisis de la evolución de los sistemas móviles y de la RA, así como un estudio inicial asentando las necesidades la aplicación.
- **Capítulo 3:** Descripción general del sistema. En este capítulo se proporciona una visión global de la aplicación desarrollada, analizando las tecnologías empleadas y detallando las operaciones más comunes tratadas a lo largo de su implementación.
- **Capítulo 4:** Descripción detallada de los módulos del sistema. En este capítulo se documenta la funcionalidad y la arquitectura de los módulos de la aplicación.
- **Capítulo 5:** Evaluación de la aplicación. Encuesta de los sistemas móviles, la RA y la experiencia de los usuarios con la aplicación.
- **Capítulo 6:** Conclusiones y trabajo futuro. Descripción de los resultados obtenidos, valoración de la implementación resultante, dificultades e ideas para añadir nuevas funcionalidades a la aplicación.
- **Presupuesto.** En esta sección se muestra el coste del trabajo PFC. Aquí se plasma el coste tanto del material utilizado para llevar a cabo su realización como el esfuerzo de las tareas y su coste total en función del precio por hora del ingeniero.
- **Manual de instalación.** Instrucciones de usuario para realizar la instalación de la aplicación. Se indicara cómo se carga la aplicación desde el PC al smartphone.
- **Glosario.** Lista con las principales palabras y conceptos técnicos usados para realizar la documentación del trabajo PFC.
- **Bibliografía.** Lista de las citas bibliográficas consultadas para realizar la documentación del trabajo PFC.

Capítulo 2

2. Estado del arte.

En este capítulo se describe el marco de trabajo en el que se realiza proyecto fin de carrera. Se tratan dos temas: los sistemas móviles, y la RA. Primeramente se verá la evolución de los sistemas móviles y sus sistemas operativos, analizando sus características y situación en el mercado. En el marco de la RA se realiza un estudio de su historia, su evolución, y uso en los smartphones.

Este estudio anterior abrirá el acceso a la información necesaria para conocer las plataformas de desarrollo tanto de los teléfonos móviles como de la RA.

Finalizado el estudio se habrá obtenido información suficiente para poder evaluar qué plataformas son más adecuadas a las necesidades de la aplicación.

2.1 Estado del arte sistemas móviles

El mercado de los dispositivos móviles está en pleno auge. Todo se ha revolucionado con la llegada de las “mini” placas embebidas. Estas placas caben en la palma de la mano, tienen un consumo ínfimo de energía y además permiten conectar cualquier periférico. Estas características no solo han permitido la evolución de los teléfonos móviles hacia los denominados teléfonos inteligentes, sino que también han revolucionado otros ámbitos, por ejemplo la ropa.

Los microprocesadores de estos dispositivos tienen hoy en día tamaños inferiores a los 120mm² y concentran todo tipo de tecnologías: telefonía móvil HSPA+, GPS, Bluetooth, grabación y reproducción de video en alta definición, WiFi, etc.

Los fabricantes cada día mejoran las prestaciones tanto los dispositivos HW como del sistema operativo y las aplicaciones. Las mejoras en los componentes HW sobre todo

están orientadas a peso, rapidez y consumo. Las aplicaciones aprovechan cada día mejor estas posibilidades, brindando mejores resultados, fluidez e interacción con el usuario.

Los fabricantes de sistemas móviles están consiguiendo sustituir, de forma inconsciente, el medio de información y entretenimiento más tradicional, la televisión. Según los estudios, desde el tercer trimestre del 2014 los usuarios consumen más tiempo en el teléfono móvil que frente al televisor, estancado desde hace años en el número de horas diarias [BLOOMBERGARTICLES].

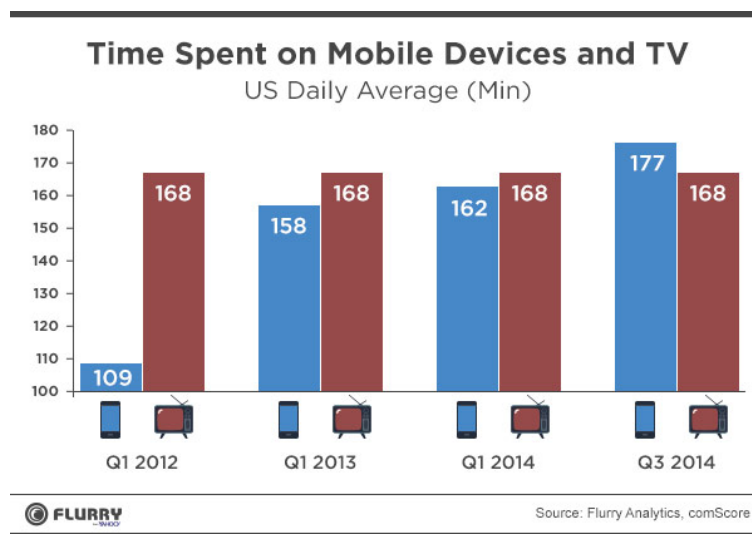


Figura 2-1 Tiempo utilizado en Mviles y TV

Con la tecnología actual no solo se permite a los usuarios comunicarse por teléfono o correo electrónico, si no que además se pueden visualizar videos HD, realizar fotos de alta calidad, consultar el tráfico, tener GPS, mapas, entrenadores personales, juegos, etc.

Cada día hay más usuarios consumiendo información. Internet ha propiciado este escenario inicialmente de forma estática con el ordenador de sobremesa, pero con la llegada de los smartphones el consumo de información se ha disparado. Hoy se usan más los sistemas móviles para consultar internet que el equipo de sobremesa [ELPAIS].

2.1.1 Sistemas móviles más destacados.

En un mundo tan competitivo, los fabricantes sacan nuevos modelos cada año, el mundo de los teléfonos inteligentes está continuamente innovando y mejorando prestaciones cada día. Además buscan entender a los consumidores para atender a todo tipo de público, realizando modelos para todos los tipos de perfiles.

Existen todo tipo de teléfonos móviles: sencillos, avanzados, para jóvenes, adultos, para discapacitados, deportistas, etc. Cada uno con sus adaptaciones para cada caso. Esta flexibilidad hace posible las enormes ventas que consiguen los fabricantes de teléfono.

Hay una gran variedad de fabricantes de teléfonos móviles, pero solo unas cuantas marcas se reparten el gran mercado. A continuación se muestra una tabla con las marcas de fabricantes con más usuarios [IAB-SPAIN].

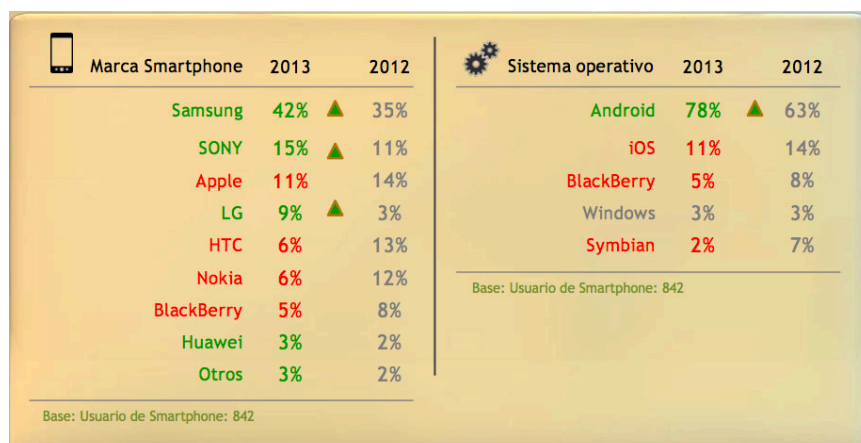


Figura 2-2 Cuota mercado Fabricantes de teléfono

Como muestran en los datos, las compañías más fuertes hoy en día son Samsung, Sony y Apple. Estos fabricantes marcan el paso en la vanguardia de la tecnología. Cada uno de ellos fabrica un conjunto de dispositivos que trata de sobre salir respecto al resto.

Así como los fabricantes buscan diferenciarse unos de otros en distintas características también lo hacen con el sistema operativo como podremos ver en el siguiente apartado.

2.1.2 Sistemas operativos móviles.

En la última década se han visto grandes cambios tecnológicos en los sistemas móviles. Desde su entrada para el mercado de masas no han dejado de crecer, ofreciendo cada día más facilidades para realizar distintos tipos de tareas en casi cualquier ámbito y lugar.

Dadas las funcionalidades actuales de los teléfonos móviles en cuanto a telefonía, imagen HD, conectividad, etc, podemos hablar de auténticos centros recreativos, desafiando incluso al potente ordenador de sobremesa. Como se ha mencionado antes, hoy es más utilizado el dispositivo móvil para navegar por la red de internet que la computadora de sobremesa. Todas estas funcionalidades son posibles gracias al sistema operativo, el alma del dispositivo móvil.

Los sistemas operativos son un interfaz que permiten la comunicación entre el hombre y la maquina, dándoles vida para realizar todo tipo de tareas complejas, y gestionando los recursos eficiente y cómodamente. [TAN98].

Los sistemas operativos son diseñados de forma diferente a los ordenadores de sobremesa. Un SO para móvil no es tan robusto, ni versátil , es más simple, y sus necesidades son más específicas, apuntando sus objetivos a la conectividad inalámbrica, la visualización de video, la entrada de datos y el ahorro de batería.

Las ventajas que poseen los teléfonos móviles, peso, tamaño, facilidad de uso, se contrarrestan con la energía, capacidad y procesamiento. Estos sistemas operativos persiguen optimizar todo el funcionamiento, reduciendo la capacidad de cálculo pero maximizando el tiempo de uso.

Pero los Sistemas Operativos móviles han ido mejorando. Las baterías cada vez duran más porque no solo mejora la tecnología sino que cada vez se optimizan mejor los recursos del dispositivo, y esto es gracias al sistema operativo. Otro de los puntos débiles es la capacidad, parece que nunca será posible tener la misma capacidad que en un ordenador de sobremesa, pero hoy por hoy es posible acceder a casi el mismo contenido de información que en un ordenador de sobre mesa. Estos dispositivos, gracias a su conectividad hace uso de las “nubes” datos, acercándose así a la capacidad de los sistemas de sobremesa .

Todos estos avances en los dispositivos y en los sistemas operativos han hecho crecer en popularidad a los teléfonos y junto con ellos, los sistemas operativos con los que

funcionan, que cada día adquieren mayor importancia.

La cuota de mercado de sistemas operativos móviles en el segundo trimestre de 2014 era la siguiente:

- **Android** 47,45% (en países como España las diferencias son más significativas, donde Android tiene el 90,8 % de la cuota de mercado.)
- **iOS** 42,7%.
- **Java ME: 3,37**
- **Windows Phone** 2,25 %.
- **BlackBerry OS** 0,98%.
- **Otros** 0,6%.

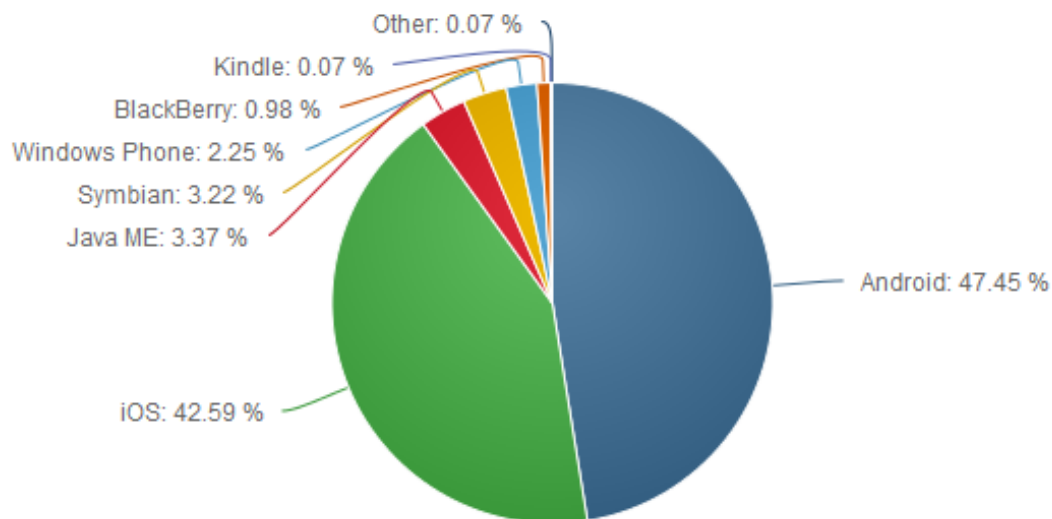


Figura 2-3 Ranking de sistemas operativos más usados.
[UNIVERSIDAD CARDENAL HERRERA]

Android tiene la mayor cuota, desde enero 2011, con más de la mitad del mercado, experimentó un creciente aumento y en solo dos años (2009 a comienzos de 2011) ha pasado a ser el SO móvil más utilizado, siguiéndole muy de cerca iOS de Apple.

2.1.3 Sistemas operativos móviles más destacados.

En esta sección se va a describir de forma breve los cuatro sistemas operativos más fuertes en el mercado, detallando un poco más los dos sistemas con más cuota de mercado, Android e iOS. En su descripción se aludirá a la historia, al kernel del sistema operativo, a la plataforma de desarrollo, y a al mercado de aplicaciones de cada uno. Los sistemas operativos que ocupan el espacio de mercado son:

- **iOS:** Este sistema operativo nace en la empresa Apple Inc. evolucionando desde el año 2007 hasta los días de hoy, en aquel momento fue calificado de “invento del año”. Mucho ha cambiado el sistema operativo iOS respecto aquella primera versión, pero su lanzamiento supuso acceso a aplicaciones revolucionarias, permitiendo a los usuarios disfrutar de aplicaciones como: correo electrónico, acceso a la web, aplicación para Youtube y otras interesantes herramientas de organización personal.

El sistema operativo iOS se caracteriza sobre todo por la fluidez y la respuesta inmediata al usuario. Pero la interacción con el dispositivo fue su marca de distinción. Apple revolucionó con iOS el uso de las pantallas táctiles con una idea muy potente: la interacción con el sistema operativo mediante gestos sobre la pantalla.

iOS se deriva de OS X, que a su vez está basado en Darwin BSD, y por lo tanto es un sistema operativo Tipo Unix. Darwin es el sistema que subyace en Mac OS X, cuya primera versión final salió en el año 2001 para funcionar en computadoras Macintosh. Integra el micronúcleo con servicios de sistema operativo de tipo UNIX basados en BSD 4.4 que proporcionan una estabilidad y un rendimiento mayor que el de versiones anteriores de Mac OS. Darwin proporciona al prestaciones modernas, como la memoria protegida, la multitarea por desalojo o expulsiva, la gestión avanzada de memoria y el multiproceso simétrico [WIKIDARWIN].

iOS cuenta con cuatro capas de abstracción: la capa del núcleo del sistema operativo, la capa de "Servicios Principales", la capa de "Medios" y la capa de "Cocoa Touch". La versión actual del sistema operativo es iOS 8.3. y cabe destacar que incorpora capacidad de multitarea desde la versión 4.0. [WIKIIOS].

En la actualidad iOS de Apple es el cerebro de los productos móviles, iPhone, su teléfono inteligente, iPad, es una Tablet, y el iPod Touch para escuchar música y ver videos. En su última versión, iOS 8.0, definida por Apple como la actualización de software más importante hasta la fecha, se compromete tanto con los usuarios como

los desarrolladores. El nuevo iOS ofrece mejoras importantes en todas las aplicaciones y herramientas del teléfono permitiendo a los desarrolladores crear adaptaciones para ellas.

Han mejorado la SDK ofreciendo más de 4000 nuevas funcionalidades. Ahora los desarrolladores tienen capacidad de crear adaptaciones sobre servicios del sistema operativo, haciendo así más personalizable el sistema, cualidad siempre muy limitada dado que es un sistema cerrado. La SDK y sus herramientas son gratuitas pero sujetas a uso en OSX, penalizando el número de desarrolladores respecto de otros sistemas operativos.

Apple posee un el centro de aplicaciones denominado “Apple Store” que conecta usuarios con desarrolladores. Los desarrolladores de aplicaciones para iOS tienen la posibilidad de publicar las aplicaciones en este centro a cambio de una cantidad de anual de 80\$[WIKIIOS].

- **Android:** Android fue concebido por la empresa Android Inc. y posteriormente comprado por la empresa Google en el año 2005. La primera versión se presentó en el año 2007 y se comenzó a vender en el año 2008 con el teléfono inteligente HTC dream [WIKIANDROID].

Android, a diferencia de iOS de Apple, se caracteriza por su portabilidad, permitiendo ser empujado en teléfonos inteligentes de distintos fabricantes realizando adaptaciones mínimas. Cada fabricante adapta el sistema operativo diferenciándose así de sus competidores, pero compartiendo características intrínsecas al sistema operativo. Android está presente no solo en teléfonos inteligentes, y tabletas; también es utilizado en televisiones, automóviles, pulseras, anillos, etc.

Además de su portabilidad, una de las características más importantes es que es un sistema operativo libre basado en núcleo Linux. La versión básica de Android es conocida como Android Open Source Project (AOSP). El sistema operativo Android tiene las siguientes capas representadas por niveles en la Figura 2.4 [WIKIANDROID]:

- **Aplicaciones:** La capa más externa es la capa de aplicaciones, aquí se encontrarán los programas que desarrollaremos, y como puede observarse, todo con lo que interactuamos en un dispositivo móvil, es una aplicación.
- **Framework de aplicaciones:** Son herramientas en forma de librerías en lenguaje creadas en Java. Abstraen el hardware facilitando el acceso a los desarrolladores. Estas librerías serán las que utilizaremos a lo largo del curso para desarrollar aplicaciones.
- **Bibliotecas:** Android incluye un conjunto de bibliotecas de C/C++ usadas

por varios componentes del sistema. Estas características se exponen a los desarrolladores a través del marco de trabajo de aplicaciones de Android; algunas son: System C library (implementación biblioteca C estándar), bibliotecas de medios, bibliotecas de gráficos, 3D y SQLite, entre otras.

- **Entorno de ejecución de Android:** Un set de bibliotecas base que proporcionan la mayor parte de las funciones disponibles en las bibliotecas base del lenguaje Java. Cada aplicación Android corre su propio proceso, con su propia instancia de la máquina virtual Dalvik. Dalvik ha sido escrito de forma que un dispositivo puede correr múltiples máquinas virtuales de forma eficiente. Dalvik ejecuta archivos en el formato Dalvik Executable (.dex), el cual está optimizado para memoria mínima. La Máquina Virtual está basada en registros y corre clases compiladas por el compilador de Java que han sido transformadas al formato.dex por la herramienta incluida "dx".
- **DVM y Librerías:** En esta capa se encuentra la máquina virtual de Dalvik, junto con las librerías que utiliza (las que provienen de Apache Harmony) y las librerías de nivel “medio” programadas en C y C++ que proveen un nivel de abstracción con respecto a las librerías de bajo nivel que se encuentran en el kernel.
- **Núcleo Linux:** Android depende de **Linux** para los servicios base del sistema como seguridad, gestión de memoria, gestión de procesos, pila de red y modelo de controladores. El **núcleo** también actúa como una capa de abstracción entre el hardware y el resto de la pila de software.

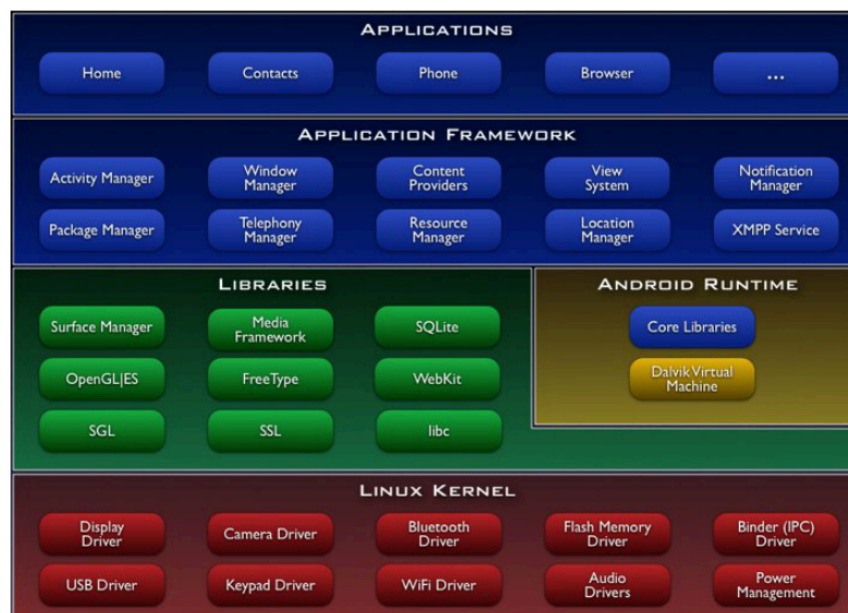


Figura 2-4 Arquitectura Android
[AQUITECTURAANDROID].

Android dispone de un mercado de aplicaciones más grande y de un número mayor de desarrolladores que el iOS. La característica de ser un sistema operativo libre sumada a la flexibilidad de su portabilidad y a la disponibilidad un entorno de desarrollo libre, como Eclipse, ha hecho que muchos desarrolladores y empresas decidan implementar aplicaciones en este sistema operativo.

Al igual que Apple, Android tiene su centro de aplicaciones, Play Store, donde las compañías y desarrolladores independientes publican y venden sus aplicaciones. A diferencia de Apple, es más económico, 25 dólares [ANDROIDCOM].

- **Java Platform Micro Edition (Java ME)** fue creado originalmente con el fin de hacer frente a las limitaciones asociadas con la creación de aplicaciones para dispositivos pequeños. Java ME permite crear un entorno de ejecución completo combinando una colección de tecnologías y especificaciones que permiten adaptarse al dispositivo.

Java proporciona un entorno robusto y flexible para las aplicaciones que se ejecutan en dispositivos embebidos: micro-controladores, sensores, gateways, teléfonos móviles, asistentes digitales personales, impresoras y más.

Con el tiempo la plataforma Java ME se ha dividido en dos configuraciones base, uno para adaptarse a pequeños dispositivos y uno para ser dirigido a los dispositivos móviles más potentes como los teléfonos inteligentes y set top boxes. La figura siguiente representa una vista general de los componentes de Java ME y como se relacionan con otras tecnologías Java.

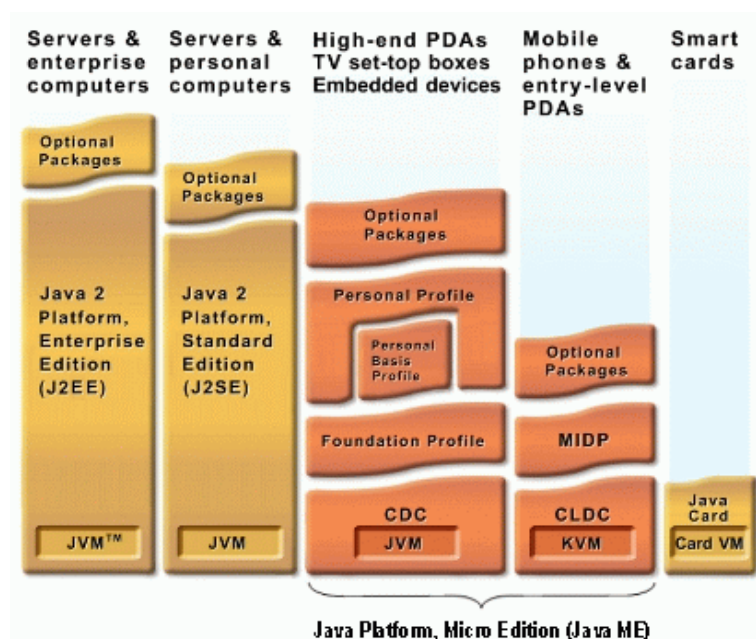


Figura 2-5 Plataforma Java Micro Edition

Java ME incluye interfaces flexibles de usuarios, seguridad robusta, incorporado protocolos de red y soporte para aplicaciones online y offline. Las aplicaciones basadas en Java ME son portables a través de muchos dispositivos y además aprovechan las capacidades nativas de cada dispositivo. Por todo esto Java SE ME ha convertido en una buena opción para los fabricantes [JAVAORACLE].

Además de ser una buena opción para los fabricantes, los desarrolladores también se ven beneficiados de la facilidad del lenguaje Java sumada a la cómoda depuración emulada desde un PC, que siempre ha sido una penalización sobre los sistemas móviles.

- **Windows Phone** es un sistema operativo desarrollado por Microsoft, es el cuarto sistema operativo más importante en cuota de mercado. Microsoft tiene intención de ir dándolo de baja poco a poco con el objetivo de converger todos sus sistemas operativos en un único sistema operativo para todas las plataformas: Windows 10 [WIKIWINPHONE].

Este sistema operativo móvil de Microsoft está basado en el kernel del sistema operativo de Windows NT con el objetivo de facilitar el portado de las aplicaciones entre los sistemas operativos Windows. Windows Phone cuenta con un total de tres premios en los IDSA (Industrial Designers Society of America). Los premios fueron Oro en la Experiencia Interactiva del Producto 2013, Plata en Investigación 2013 y Bronce en Estrategia de Diseño 2011 [IDSAWINPHONE].

2.2 Estado del arte Realidad Aumentada.

La realidad aumentada es una disciplina que tiene por objetivo complementar la realidad de un usuario en tiempo real. Para ello la RA utiliza aquellas tecnologías que permiten el reconocimiento y análisis del entorno, más la superposición en tiempo real de imágenes o sonidos sobre el mundo real. Se crea de esta forma un simbiosis entre el mundo real y los mundos virtuales. La realidad aumentada es pues una tecnología que ayuda a enriquecer nuestra percepción de la realidad[FUNDACIONTELEFONICA].

Nunca se ha llegado a consensuar una definición para la RA pero cabe destacar a dos investigadores:

- El ingeniero Azuma dice que la realidad aumentada:

- Combina elementos reales y virtuales.
 - Es interactiva en tiempo real.
 - Está registrada en 3D.
- **Paul Milgram y Fumio Kishino** definen en 1994 la realidad aumentada como un segmento en el que en un extremo está el entorno real puro, la realidad, y en el otro extremo el entorno virtual puro, y en su mediatriz la mezcla de los dos mundos. La RA puede ser vista como una versión extendida del entorno real, complementada por los objetos virtuales [REALIDADAUMENTADACOM].



Figura 2-6 Definicion RA 1994

2.2.1 Antecedentes.

Los sistemas de Realidad aumentada también han evolucionado mucho a lo largo de la historia de la informática, comenzando con la realidad virtual y actualmente mezclándola virtualidad con realidad. Se trata de una especialidad bastante nueva. A continuación vamos a dar un pequeño viaje cronológico por los hechos más destacados [WIKIRA]:

- **1962:** Morton Heilig, un director de fotografía, crea un simulador de moto llamado Sensorama con imágenes, sonido, vibración y olfato.
- **1973:** Iván Sutherland introdujo conceptos tales como el primer Graphical User Interface, el modelado tridimensional de la computadora, simulaciones visuales, diseño automatizado (CAD) y realidad virtual. Inventó el visor de cabeza (HMD) como una ventana a un mundo virtual [WIKIVANSUTHELAND].



Figura 2-7 Ivan Stutherland usando su gafas de RV.
[AMTURING]

1985: Myron Krueger crea Videoplace. Este sistema permite a los usuarios interactuar con objetos virtuales por primera vez. La idea de Videoplace fue la creación de una realidad artificial que rodeaba a los usuarios y respondía a sus movimientos y acciones. En ese mundo artificial se interactuaba sin necesidad de gafas o guantes, se utilizaban proyectores, cámaras de video, hardware de propósito especial. Los usuarios participaban en una habitación interactiva, donde se comunicaban mediante siluetas tanto con el sistema como con siluetas de otros usuarios ubicadas en habitaciones separadas. El Videoplace está ahora en exhibición permanente en el Museo Estatal de Historia Natural ubicado en la Universidad de Connecticut [WIKIVIDEOPLACE].



**Figura 2-8 Jugando con VideoPlace
[MYRONKRUEGER].**

- **1990:** Jaron Lanier acuña el término realidad virtual y crea la primera actividad comercial en torno a los mundos virtuales en la compañía VPL Research, Inc. En VPL Inc. se desarrollaron y vendieron productos **de realidad virtual** como gafas y guantes [VPLINVESTIGATION].



**Figura 2-9 Realidad Virtual de VPL Research.
Un comercial de la empresa VPL Research mostrando una simulación de Realidad Virtual en
1990**

- **1992:** Tom Caudell crea el término RA. En este año Tom publica artículo **“Augmented reality: an application of heads-up display technology to manual manufacturing processes”** donde se explican los pasos necesarios para implementar un sistema para superponer gráficos relativos a objetos del mundo real [IEEE TOMCAUDELL].
- **1994:** Steven Feiner, Blair MacIntyre y Doree Seligmann. Primer uso importante de un sistema de Realidad Aumentada en un prototipo, KARMA. KARMA utilizaba una pantalla montada en la cabeza para explicar el mantenimiento una impresora láser al usuario final. Se presentó en la conferencia de la interfaz gráfica y fue ampliamente citada en la publicación Communications of the ACM al siguiente año [WIKIRA].



Figura 2-10 Prototipo KARMA

- **1995:** Gunpei Yokoi, lanzó el sistema Nintendo Virtual Boy, un producto de Nintendo de realidad virtual que duró muy pocos años en el mercado posiblemente por su falta de juegos, nunca llegó a Europa.
- **1999:** Hirokazu Kato desarrolla ARToolKit. Una librería que permite la construcción de aplicaciones de RA. Con esta librería comienzan soluciones a problemas como el seguimiento del punto de vista de los usuarios [ARTOOLKIT].
- **2000:** Bruce H. Thomas desarrolla ARQuake, el primero juego al aire libre con dispositivos móviles de RA. ARQuake ofrece ejecutar el juego de primera persona Quake sobre el mundo real [ARQUAKE].

- **2008:** Con la salida a la venta del teléfono Android G1 se incluía la primera aplicación de RA. Esta aplicación llegaba de la mano de Wikitude, con el nombre Wikitude AR, era gratis, y mostraba información del entorno que rodeaba a usuario a través de la cámara [WIKITUDEAR].
- **2009:** AR Toolkit es portado a Adobe Flash (FLARToolkit) por Saqoosha, la realidad aumentada llega al navegador Web [WIKIRA].
- **2009:** Se crea el logo oficial de la Realidad Aumentada con el fin de estandarizar la identificación de la tecnología aplicada en cualquier soporte o medio por parte del público general. Desarrolladores, fabricantes, anunciantes o investigadores pueden usarlo en sus aplicaciones [WIKIRA].
- **2012:** Google se lanza al diseño de unas gafas primer dispositivo de RA comercializado. Bautiza el proyecto como Project Glass.



Figura 2-11 Vista con la gafas de RA “Google Glass”.

- **2013:** Sony muestra la Realidad Aumentada en PS4 con The Playroom.
- **2014:** Mahei, desarrolla una tecnología de realidad aumentada para interactuar con juguetes físicos.
- **2015:** Solinix, empresa Colombiana. Lanza la primera App que revoluciona el concepto de Mobile Marketing aprovechando la Realidad Aumentada.

En resumen, el primer sistema se desarrolla a principios de los 60 pero no fue hasta los 90, con Boeing Tom Caudel, cuando se bautizaría el concepto mezcla de elementos

virtuales con realidad como “RA”. A principios de la década de los 2000, algunas grandes compañías comenzaron a desarrollar sistemas de RA, poco a poco han surgido cambios pero en los últimos años de la década sucedió un cambio fundamental: Realidad aumentada aplicada en dispositivos móviles. Esta libertad que proporcionan los dispositivos móviles maximiza la experiencia RA.

2.2.2 Estado de la realidad aumentada

Hoy por hoy la RA está posicionada en el mercado, en estos momentos existe una gran diversidad de aplicaciones y tecnologías en el marco de la RA y están accesibles para todos los públicos pero se ve lejana la fecha en que se popularicen. El crecimiento de la RA vendrá impulsado por una serie de factores que potenciarán su difusión entre los usuarios, como se observa en la Tabla 1. Entre ellos, destacan:

- La realidad aumentada ofrece valor al usuario desde el primer momento, como sucede con los sistemas de localización como Google Maps.
- La competencia entre los fabricantes de dispositivos por ofrecer aplicaciones RA, en muchos casos pregrabadas, y la gran cantidad de información digital que existe en la actualidad, tanto creada por las empresas como por los ciudadanos.

Sin embargo, también se detectan elementos inhibidores que podrían dañar el negocio asociado a la realidad aumentada. Entre ellos sobresale la necesidad de dispositivos de alta gama, como smartphones con GPS, cámara y brújula; la pobre experiencia que ofrecen los teléfonos móviles desde el punto de vista de inmersión, que no produce un efecto al usuario de integración total entre información real y virtual; limitaciones en el potencial de las aplicaciones, ya que la información está asociada a la localización del usuario con lo que a veces no es demasiado útil cuando se desea ir más allá del entorno inmediato; también pueden existir riesgos relativos a la privacidad, por ejemplo ciertos usuarios muestran preocupación de poder dejar sus coordenadas o por la realización de una actividad.

Factores que potencian la adopción.	Factores que dificultan la adopción.
La realidad aumentada ofrece valor real a los usuarios desde el primer momento.	La realidad aumentada se limita a dispositivos avanzados.
Los creadores de dispositivos compiten para diferenciar sus plataformas.	Los dispositivos móviles ofrecen un nivel de inmersión en realidad aumentada aún pobre.
Las fuentes de datos digitales para proporcionar realidad aumentada están creciendo rápidamente.	Los datos de localización son imprecisos para determinadas aplicaciones.
Dispositivos y redes tienen ya capacidad para soportar aplicaciones de realidad aumentada.	Las aplicaciones están limitadas por la situación del usuario.

Tabla 1 Factores que propician y dificultan el desarrollo de la RA.

En general, la popularización de los smartphones y otros dispositivos portables ha supuesto una base al desarrollo de aplicaciones de RA y a su comercialización, abriéndose al mercado un concepto que hasta ahora parecía restringido a los entornos de laboratorio. Tal y como se observa en la figura , en la actualidad, nos encontramos en escenarios de AR simple, no obstante, éste se debe considerar un punto de partida y no de llegada, ya que el objetivo último de mezcla de realidad y virtualidad de forma cómoda y transparente para el usuario todavía parece lejano de alcanzar.

Este ideal requiere de grandes capacidades tecnológicas (sistemas de visión integrables en gafas, grandes necesidades de procesamiento, sensores, sistemas de localización, conectividad, etc.) por lo que el grado de desarrollo tecnológico marcará el nivel de inmersión de las aplicaciones de realidad aumentada en un futuro [FUNDACIONTELEFONICA].

2.2.3 Realidad Aumentada en Smartphones.

El hardware habitual utilizado por un sistema de RA suele ser una cámara para recibir estímulos del exterior y una pantalla que hace visor de la cámara y donde se representan los objetos virtuales mezclados con los reales recogidos por la cámara. La RA hace unos años era posible sólo en un equipo de escritorio, un equipo estático, y los costos para estas soluciones eran caras, impidiendo llegar a todo el público. Hubo prototipos diseñados para cargar a la espalda, como si de una mochila se tratase, pero esto hacía que fuesen sistemas poco ergonómicos. Cuando empezó el boom de los sistemas móviles se abrió una puerta válida para llegar a todo tipo de público, y en un primer momento se aprovechaban las conexiones inalámbricas y se procesaba la información en un servidor remoto, pero los sistemas móviles han evolucionado tanto en computación y tanto en rendimiento gráfico como para hacer posible procesar la información en el propio dispositivo.

El tiempo de uso, en términos de consumo de energía, siempre ha penalizado a los dispositivos móviles, pero penaliza más si además se manipula una conexión inalámbrica, una pantalla , la cámara, el GPS, etc., y todo de forma concurrente como ocurre en la RA. Hoy en día las baterías de los dispositivos móviles han mejorado mucho en tamaño, velocidad de carga, duración y vida. Actualmente los sistemas móviles aguantan varios días en reposo y unas 8 horas en un uso habitual: alguna foto, consultas por internet, y mensajería. Pero en el campo de la RA la duración de la batería se limita a unas 2 horas de media. Las aplicaciones y las librerías cada vez hacen mejor uso de las capacidades de los terminales permitiendo una experiencia mejor a los

usuarios pero sigue siendo una cuestión a mejorar.

A pesar de estos impedimentos existen muchas aplicaciones de RA y en parte es debido a la facilidad que proporcionan las plataformas de RA que ofrecen las compañías.

2.2.4 Plataformas de desarrollo de RA.

Existen muchas plataformas de RA, unas libres y otras privadas. La mayoría de las plataformas privadas permiten ser utilizadas de forma gratuita pero con algunas restricciones y además una marca de agua en la pantalla. La investigación de las plataformas se ha centrado en tres grandes proveedores de RA:

- **Metaio:** Es una de las empresas que lidera el campo de la realidad aumentada, tiene más de 12 años de experiencia. Metaio tiene mas de 150.000 desarrolladores con mas de 50.000 aplicaciones. Fundada en 2003 comenzó a ofrecer RA en sectores industria y hoy en día ofrece una plataforma de desarrollo más flexible y orientada también a soluciones para smartphones. Actualmente tiene dos plataformas, Metaio Creator y Metaio SDK. Metaio Creator es una plataforma de RA que no necesita conocimientos de desarrollo. Metaio SDK es una plataforma libre, para profesionales, ofreciendo una solución completa, multiplataforma, tecnología de seguimiento avanzada, aplicaciones online y offline, con opciones de publicación y herramientas web de administración.

El portal de desarrollo es muy completo, con sección para principiantes, la instalación es sencilla y viene con un ejemplo para el comienzo para las plataformas Android, iOS. Los ejemplos examinados tanto para Android como para iOS son sencillos y utilizan una librería para acceder a las funciones de realidad aumentada. La documentación del API parece completa pero está poco detallada, sin ejemplos de uso y las búsquedas de ejemplos en internet llevan a resultados escasos y confusos. Tiene 2 tipos de licencias: Básica 2950€, Pro 4950€.

- **Wikitude** – Es una compañía alemana que está reconocida como pionera en la tecnología móvil de RA. Tiene a sus espaldas soluciones RA galardonadas. Wikitude ofrece productos para trabajar sobre dispositivos smartphones y gafas inteligentes. La plataforma de desarrollo que ofrece para smartphones es compatible con iOS y Android. Las características más destacadas de la SDK es que se trabaja con HTML 5 y JavaScript, posibilidad de trabajar con datos geo-referenciados y representarlos con imágenes en 2D y 3D, tecnología de

seguimiento y rastreo de objetos, y superposición de video. Tienen una comunidad de unos 50K desarrolladores. La ayuda se dispone en la pagina web, ofreciendo un tutorial para principiantes donde se exponen numerosos ejemplos prácticos y de utilidad. El API ubicado en la web es una completa referencia a todas las funciones de Android o iOS, HTML 5 y JavaScript. La documentación es muy completa, y dispone de un foro que se usa como soporte online donde se puede acceder y crear consultas con el fin de facilitar el trabajo a los desarrolladores. La instalación de la SDK consiste en una librería que se referencia desde Android o iOS, y una librería JavaScript, en ellas se disponen las funciones necesarias para llevar a cabo las tareas relacionadas con realidad aumentada. Los objetos son representados con JavaScript y HTML5, mientras que la plataforma iOS o Java Android hacen las veces de inicialización y de gestión de la vida de la aplicación. Ofrece una versión gratuita con marca de agua y algunas restricciones tanto en funcionalidad como en soporte personalizado, la versión PRO tiene el precio de 990€.

Wikitude SDK además permite trabajar otros frameworks, phone gap, teleric o titanium que facilitan el desarrollo de aplicaciones para móviles, y al igual que Metaio tiene una comunidad entorno a 50.000 desarrolladores.

- **Qualcomm Vuforia** es una compañía estadounidense fundada en 1985 que produce chipsets para la tecnología móvil CDMA y W-CDMA. Sus procesadores están presentes en muchos de los smartphones de última generación. Entre sus actividades está también la RA, ofreciendo una plataforma de desarrollo llamada Vuforia para los sistemas iOS y Android. Vuforia SDK ofrece un motor para la detección objetos, imágenes, cilindros, cajas y texto, la superposición de video e imágenes 2D y 3D, y un conjunto de herramientas para procesar el reconocimiento de imágenes. La ayuda y guía de inicio está disponible online en su pagina web, y al igual que Wikitude o Metaio dispone de una guía de iniciación, un foro muy completo, y numerosos ejemplos. El API también está bien documentado, y trabaja sobre con xCode de Apple y Java Android, además de ofrecer una librería en C para hacer más eficientes el acceso a los recursos utilizados en RA. La instalación también es muy sencilla para los dos sistemas operativos, es suficiente con referenciar la librería desde el entorno de desarrollo de cada sistema operativo. Como las anteriores plataformas ofrece una versión gratuita que limita funcionalidades y el acceso a soporte online, y otra pro sin estas limitaciones.

2.2.5 Elección de la plataforma de Realidad aumentada.

El estudio para la elección de la plataforma de RA debe considerar también los requerimientos HW y el sistema operativo. Las plataformas de RA que han sido analizadas en el capítulo anterior trabajan fundamentalmente bajo los dos grandes sistemas operativos, Android e iOS, por consiguiente se van a descartar el resto de sistemas operativos.

Los sistemas de RA hacen uso de dispositivos como Pantalla, GPS, cámara y procesador gráfico. Por es importe tener en cuenta cuestiones como capacidad de procesamiento y tarjeta gráfica, pero además, en la aplicación propuesta se han de tener en cuenta aspectos como el sonido y captación de audio. Por tanto el estudio debe considerar todos estos requerimientos. Se valorara positivamente aquellas plataformas de RA que se adapten mejor a las necesidades de la aplicación, y a los recursos disponibles.

Requerimientos HW:

A continuación se presenta la tabla2 donde se establecen los requerimientos HW necesarios para la aplicación que se va a desarrollar. Para cada requerimiento se indica las características necesarias, su importancia, y una breve explicación de su necesidad en la aplicación. Fijados esos requerimientos se evaluará los recursos HW disponibles en función de tabla de requerimientos.

Requerimientos HW:

Requerimiento	Característica	Importancia para el proyecto	Motivación
Tipo procesador	2GH o más	5	Por el estudio anterior del estado del arte y pruebas realizadas con distintos dispositivos y aplicaciones disponibles, se ha comprobado que en dispositivos con mas de 2Gh las aplicaciones van fluidas.
Memoria RAM.	1GB o mas	5	Muy interesante el uso de GPS para referenciar objetos en la cámara y ahorrar batería economizando procesamiento en detección de imágenes)
Memoria secundaria	Externa mínimo 8G	5	Se tienen que poder albergar 1000 imágenes.
GPS	Alta precisión	5	Puede ser muy interesante el uso de GPS Para referenciar objetos en la cámara y ahorrar batería economizando procesamiento en detección de imágenes)
GPRS	3G o 4G	5	Muy interesante para recoger datos de internet mientras se esta utilizando la aplicación.
Cámara de	Alta definición	5	Cuanto más alta sea la definición mejor se procesan los objetos.
Pantalla	Alta definición	5	Mejor se representan los objetos.
Pantalla	Táctil dimensiones iguales o inferiores a 6,5” y superiores a 4,5”	5	Una pantalla de esas dimensiones es ideal para representar los objetos y ser portable.
Sonido	No Aplica	5	Para responder a las preguntas de los usuarios.
Micrófono	No Aplica	5	Para atender a las preguntas de los usuarios.
Sensores	No Aplica	5	Los sensores como Acelerómetro, Giroscopio son imprescindibles para de utilidad
Autonomía.	No Aplica	5	Cuanto mas horas de autonomía mejor.
Android	No Aplica	5	Android puntuara como 5 por ser un sistema portable y un gratuito.
iOS	No Aplica	3	Es un sistema cuyas herramientas para trabajar son mas caras que en Android.

Tabla 2 Requerimientos HW de la aplicación.

Para el estudio se tienen 3 recursos, dos teléfonos inteligentes y una Tablet. A continuación serán examinados para comprobar en que medidas cumplen las expectativas de los requisitos HW establecidos. Cada requerimiento será puntuado en función de la característica del teléfono, si es mejor se puntúa con un valor superior a marcado en la tabla 2, en caso contrario puntuara por debajo. La suma de los puntos nos ayudara en la elección del sistema:

Samsung S4:

Característica	Requerimiento	Importancia para el proyecto	Disponibilidad en Samsung S4	Puntuación
Tipo procesador	2GH o más	5	Procesador gráfico: <ul style="list-style-type: none"> Ghz Quadcore Qualcomm Snapdragon 800. Procesador gráfico: <ul style="list-style-type: none"> Power VR SGX 544 GPU MP3 (3G). 	7
Memoria RAM.	1GB o mas	5	2GB	7
Memoria secundaria	Externa mínimo 8G	5	16GB Internos + 32GB.	8
GPS	Alta precisión	5	Si	5
GPRS	3G o 4G	5	3G y 4G	6
Cámara de	Alta definición	5	13MP.	8
Pantalla	Alta definición	5	1920x1080	5
Pantalla	Táctil dimensiones iguales o inferiores a 6,5" y superiores a 4,5"	5	5"	7
Sonido	No Aplica	5	Si	5
Micrófono	No Aplica	5	Si	5
Sensores	No Aplica	5	Acelerómetro, Geomagnético, Giroscopio, Barómetro, Proximidad, Temperatura y humedad.	7
Autonomía.	No Aplica	5	Hasta 11 h de video	8
Android	No Aplica	5	Android Lolipop	5
iOS	No Aplica	3		0
Total				83

Tabla 3 Características Samsung Galaxy S4.

Google Nexus 5:

Característica	Requerimiento	Importancia para el proyecto	Disponibilidad en Google Nexus 5	Puntuación
Tipo procesador	2GH o más	5	Procesador: <ul style="list-style-type: none"> Qualcomm Snapdragon™ 800, 2,26 GHz Procesador gráfico: <ul style="list-style-type: none"> GPU: Adreno 330, 450 MHz 	9
Memoria RAM.	1GB o mas	5	2GB	7
Memoria secundaria	Externa mínimo 8G	5	32GB	7
GPS	Alta precisión	5	Si	5
GPRS	3G o 4G	5	3G y 4G	6
Cámara de	Alta definición	5	8 MP	7
Pantalla	Alta definición	5	1920x1080	5
Pantalla	Táctil dimensiones iguales o inferiores a 6,5" y superiores a 4,5"	5	4,95"	7
Sonido	No Aplica	5	Si	5
Micrófono	No Aplica	5	Si	5
Sensores	No Aplica	5	Acelerómetro, Giroscopio.	7
Autonomía.	No Aplica	5	6h Video	6
Android	No Aplica	5	Android Lolipop	5
iOS	No Aplica	3		0
Total				81

Tabla 4 Características HW Nexus 5.

iPad 2:

Característica	Requerimiento	Importancia para el proyecto	Disponibilidad en iPad 2	Puntuación
Tipo procesador	2GH o más	5	Procesador: <ul style="list-style-type: none">A5 Dual Core (ARM Cortex-A9 32 bits Core) 1GHz Procesador gráfico: <ul style="list-style-type: none">GPU: PowerVR SGX543MP2	3
Memoria RAM.	1GB o mas	5	512Mb	7
Memoria secundaria	Externa mínimo 8G	5	16GB	6
GPS	Alta precisión	5	Si	5
GPRS	3G o 4G	5	No	6
Cámara de	Alta definición	5	Si	7
Pantalla	Alta definición	5	1024x724	5
Pantalla	Táctil dimensiones iguales o inferiores a 6,5" y superiores a 4,5"	5	Táctil pero dimensiones superiores a los límites: 9,7"	3
Sonido	No Aplica	5	Si	5
Micrófono	No Aplica	5	Si	5
Sensores	No Aplica	5	Acelerómetro, Giroscopio.	7
Autonomía.	No Aplica	5	8h	6
Android	No aplica	5		0
iOS	No Aplica	3	iOS	3
Total				70

Tabla 5 Características HW iPad2.

Los modelos Google Nexus y Samsung, tienen el sistema operativo Android, mientras que iPad tiene iOS 8.0. La elección del sistema operativo es tan importante como la del HW. En este contexto también se puede decir que es importante la consideración del precio de publicación de las aplicaciones, así como la experiencia en el lenguaje de programación de las aplicaciones y el conocimiento a nivel de desarrollo del núcleo del sistema operativo. Aspectos como motores web, soporte flash, open GL, y entorno de desarrollo serán también considerados en la evaluación del Sistema operativo en la siguiente tabla.

	Sistema Operativo	
Compañía	Android LollyPop	Apple
Núcleo de SO	Linux (Unix)	iOS 8 (Unix)
CPU soportadas	ARM solo dispositivos iPhone, iPad, iPod	Adaptable ARM
Lenguaje de programación.	Objective_C, "Objective_C++	Java, C, C++
Licencia.	Propietaria	Software libre y abierto
Motor del navegador.	Safari (webkit)	Google Chrome (webkit)
Soporte Flash.	Si	Si
HTML 5.	Si	Si
Tienda de aplicaciones.	Si	Si
Precio publicación aplicaciones.	80\$	25\$
Número de aplicaciones.		
Tienda de aplicaciones	Apple Store	Google Store
Actualizaciones Automáticas.	Si	Si
Memoria Externa	No	Si
Fabricante Único.	Si	No
Variedad de Dispositivos.	Si	Si
Tipos de pantalla	Capacitiva	Capacitiva/resistiva
Entorno de desarrollo	xCode, gratuito solo en Mac	Eclipse (Disponible para Windows xp, Mac OsX, Linux) Gratuito
Experiencia en entorno de desarrollo.	No	Si
Experiencia con el sistema operativo del entorno de desarrollo.	Si	Si

Tabla 6 Características Android e iOS.

Las plataformas de desarrollo de RA comentadas en el punto anterior son compatibles con los dos sistemas operativos, por tanto con los datos que tenemos, HW y Sistema operativo podemos elegir qué dispositivo albergará la aplicación de RA. Podemos elegir claramente trabajar en Android porque es más económico que Apple sobre todo en el precio de publicación, además en cuestiones de HW los dos dispositivos Android están mejor cualificados que el iPad 2, la pantalla de iPad es mucho más grande lo que hace más difícil su movilidad, además de tener menos resolución, y por último la experiencia en desarrollo Android es mayor.

Para la elección de la plataforma de desarrollo de RA se va a tener en cuenta las posibilidades de cada plataforma. A continuación se presenta una tabla con las características de las plataformas de RA estudiadas en el punto anterior:

Plataforma de RA	Metaio	Wikitude	Vuforia
Entorno de desarrollo	Gratuito	Gratuito	Gratuito
Marca de agua	Si	Si	Si
Precio Licencia (sin marca de agua)	2999€	1900€	499€
Sistema Android	Si	Si	Si
Sistema iOS	Si	Si	Si
Trabajar con cámara	Si	Si	Si
Detectar Imágenes	Si	Si	Si
Posicionar imágenes según profundidad	Si	Si	Si
Representación Geo- referenciada	No	Si	No
Programación	Java	Java, HML5, Java Script	Java, C++, C
Entorno de desarrollo	Eclipse / xCode	Eclipse	Eclipse
Sistema operativo	Mac Windows Linux	Mac Windows Linux	Mac Windows Linux

Tabla 7 Características Plataformas Desarrollo RA

Habiendo puesto en relieve las características de cada plataforma de RA se destaca que todas tienen prácticamente las mismas características. Las tres son gratuitas, las tres trabajan con Android e iOS y las tres tienen marca de agua para la licencia gratuita. Se va a trabajar con marca de agua, y aunque todas tienen posibilidad de trabajar con Java, destaca que Wikitude además utiliza Lenguajes de entorno Web, como son HTML 5 y Java script. Otra característica que las otras no tienen es la geo-representación. Esta característica es muy interesante ya que posiciona objetos virtuales utilizando el dispositivo GPS, sin necesidad de rastrear las imágenes de la cámara, lo que se traduce en ahorro de energía y posibilidad de mostrar los PDIs a partir de geolocalización evitando así los problemas de rastreo debido a los cambios de luz en espacios exteriores.

Con las características de cada una sobre la mesa, podemos inclinarnos a que wikitude es la elegida entre las candidatas. Por tanto el marco de trabajo establecido es un Samsung S4, con sistema operativo Android y la plataforma de RA Wikitude.

2.3 Android

2.3.1 Arquitectura Android.

Android es una plataforma para dispositivos móviles que contiene una pila de software donde se incluye un sistema operativo, middleware y aplicaciones básicas para el usuario.

El siguiente esquema proporciona un resumen de las capas utilizadas por el sistema operativo Android:

Aplicaciones Inicio, Teléfono, Correo, Navegador		
Entorno de la aplicación Manejador de estados de Aplicación, control de recursos, servicios de notificación		
Librerías Nativas	Maquina de Virtual Android (Entorno de ejecución Machine)	Maquina virtual Darvik
		Nucleo de librerias
Núcleo Linux		

Tabla 8 Capas de SW S. Operativo Android.

A continuación se va a proporcionar una visión general de las capas de la versión Lollipop de Android [ANDROIDCOM]:

Núcleo Linux

El núcleo del sistema operativo Lollipop está basado en el kernel 3.4 de Linux. Esta capa se caracteriza por implementar un interfaz para los dispositivos HW y proporcionar control sobre recursos de seguridad, memoria, hasta establecer el sistema de ficheros o el modelo de procesamiento.

Entorno de ejecución Android:

ART y su predecesor Dalvik fueron creados originalmente y específicamente para el proyecto Android. ART es un interprete en tiempo de ejecución que ejecuta los

formatos Dalvik, y Bytecode Dex. La maquina virtual ART tiene como características [ARTDALVIK]:

- La maquina virtual antigua compila las instrucciones en el momento de ejecutarse, con ART se ha introducido la técnica Ahead of Time (AOT), que permite compilar instrucciones antes de llegar a su ejecución, mejorando así el rendimiento en las aplicaciones.
- ART mejora la recolección de basura, traducción directa en mejor rendimiento de las aplicaciones, mejor interacción con el usuario, transiciones de pantalla más fluidas.
- ART facilita el desarrollo con una depuración potente, mejor diagnostico en las excepciones, y detalles en problemas.

Librerías Nativas

Android tiene un conjunto de librerías escritas en C y C++ que junto con el kernel constituyen las entrañas del sistema operativo. Entre las librerías más interesantes cabe destacar:

- **Libc:** Se trata de una derivación de la librería BSD de C estándar (libc), adaptada para dispositivos embebidos basados en Linux. Esta librería incorpora todas las cabeceras necesarias para las funciones indicadas por el estándar C.
- **Surface manager:** Se encarga de gestionar distintos aspectos de navegación por pantalla así como las ventanas tanto de aplicaciones como de escritorio.
- **Open GL y SGL:** Representan las librerías gráficas. OpenGL/SL maneja gráficos en 3D y permite utilizar, en caso de que esté disponible en el propio dispositivo móvil, el hardware encargado de proporcionar gráficos 3D. SGL proporciona gráficos en 2D, siendo la librería más habitualmente utilizada por la mayoría de las aplicaciones. Una característica importante de la capacidad gráfica de Android es que es posible desarrollar aplicaciones que combinen gráficos en 3D y 2D.
- **Librería Multimedia:** Estas librerías implementan los códecs necesarios para el contenido multimedia: vídeo, audio, imágenes estáticas y animadas, etc.

- **Freetype:** Librería que proporciona un conjunto de funciones para manejar con comodidad una gran variedad de fuentes.
- **SSL:** Librería que implementa el protocolo SSL. Proporciona un conjunto de funciones relacionadas con seguridad, permitiendo gestionar certificados, cifrar y descifrar con distintos algoritmos y utilización de funciones resumen.
- **SQLite:** Librería ligera SQL que con algunas restricciones implementa las funciones necesarias para crear y utilizar una base de datos.
- **WebKit:** Proporciona un motor para las aplicaciones web, además de ser el núcleo del navegador por defecto Google Chrome para Android.

Entorno de aplicaciones.

Esta capa proporciona el conjunto de herramientas de desarrollo para las aplicaciones. Cualquier aplicación que se desarrolle para Android utiliza el mismo conjunto de API y el mismo entorno de trabajo. Los API más importantes son los siguientes:

- **Activity Manager:** Gestiona el ciclo de vida de las aplicaciones en Android.
- **Window Manager:** Control de ventanas de las aplicaciones e interfaz para la librería Surface Manager.
- **Telephone Manager:** Funcionalidades relacionadas con la telefonía (llamadas, mensajes, etc.).
- **Content Provider:** Permite compartir datos entre distintas aplicaciones.
- **View System:** Permite crear elementos para la interfaz de usuario.
- **Location Manager:** Gestiona la información de localización y posicionamiento.
- **Notificación Manager:** Comunicación de eventos al usuario que suceden durante la ejecución de la aplicación.

- **XMPP Service:** Colección de API para utilizar este protocolo de intercambio de mensajes basado en XML.

Aplicaciones:

Esta capa contiene, tanto las librerías incluidas por defecto de Android como aquellas que el usuario vaya añadiendo posteriormente, ya sean de terceras empresas o de su propio desarrollo. Todas estas aplicaciones tienen acceso a los servicios, las API y librerías de los niveles anteriores.

2.3.2 Versiones de Android y su API.

Desde el 2008 se han liberado muchas versiones Android. En cada una de ellas se han ido corrigiendo incidencias y añadiendo mejoras y nuevas funcionalidades. Cuando se va a trabajar para desarrollar una aplicación Android es importante elegir la versión de API que se va a utilizar, ya que según la versión hay o no métodos y clases disponibles. La última API disponible es la API 22 correspondiente a la versión de Sistema Operativo 5.1 denominado LollyPop. Para el caso de la aplicación a desarrollar debemos tener en cuenta qué API utiliza tanto la librería de RA como los teléfonos disponibles como recursos del desarrollo.

En el caso de los teléfono, disponemos de la versión 5.1, denominada LoliPop que se corresponde con el API 22. En el caso de wiktude su documentación web que el API mínimo a utilizar es la versión 14, correspondiente a la versión de sistema operativo Android 4.0 Ice-cream Sandwich, pero compatible con versiones superiores.

Por tanto el Sistema operativo huésped de los smartphones a utilizar es compatible con la versión de API de la plataforma de realidad aumentada [WIKITUDEAR].

2.4 Librería de Realidad aumentada Wiktude.

SDK Wiktude es una biblioteca de software y un entorno de trabajo para aplicaciones en el marco de la RA. La SDK proporciona funcionalidades relativas al uso de geo-localización además de reconocimiento de imagen y tecnología de rastreo de superficies. Wiktude SDK tiene, aparte del API, un conjunto de herramientas relacionadas con la detección de imágenes, reconocimiento 3D y depuración de las

aplicaciones. **Target Managment** es una herramienta web en el que se suben las imágenes a que van a ser detectadas por la aplicación, las procesa y retorna un archivo que su librería puede procesar para el rastreo.

El SDK Wikitude se apoya en gran medida en tecnologías web (HTML, JavaScript, CSS) para permitir a los desarrolladores escribir aplicaciones de RA fáciles de portar entre distintos dispositivos. Estas aplicaciones de RA son llamados “**World Architect**” y son básicamente páginas HTML ordinarias que se superponen sobre la cámara, y mediante Java Script se accede a los métodos de los objetos a detectar.

La integración del SDK Wikitude en la aplicación se hace mediante la adición del componente, clase, específico llamado ARchitectView. ArquitectView encapsula la cámara, motor gráfico y motor Web y una vez instanciado es el punto de entrada a la RA de Wikitude.

En Android, ArquitechView es una clase hija de android widget.frameLayout. El esquema de jerarquía de las clases es el siguiente:

```
java.lang.Object
├── android.view.View
│   ├── android.view.ViewGroup
│   │   ├── android.widget.FrameLayout
│   │   └── com.wikitude.architect.ArchitectView
```

ArquitechView entrega al desarrollador un conjunto de métodos para inicializar y controlar la RA. La librería Wikitude requiere saber en que estado se encuentra la aplicación de Android. Para ello en las etapas onCreate, OnDestroy, onPause, onCreate y onResume de la maquina de estado de Android se debe llamar a los mismos métodos pero de la clase ArchitechView. De esta forma la aplicación puede recoger y controlar correctamente los eventos sucedidos durante el ciclo de vida de la aplicación. A continuación se realiza un resumen de las principales etapas de Wikitude:

Las aplicaciones de Android tienen una máquina de estados como se ilustra en la siguiente figura [ANDROIDCOM].

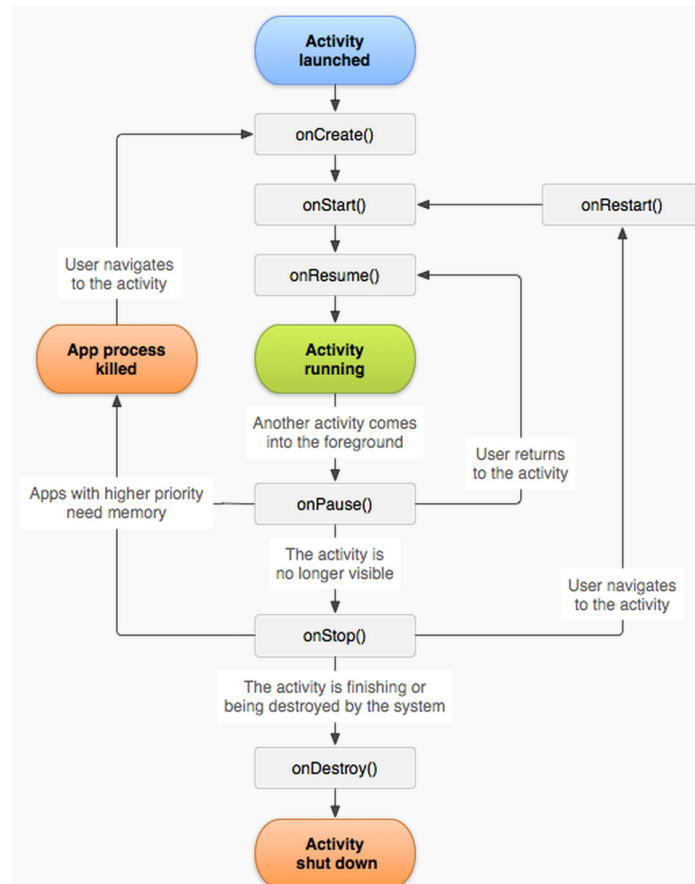


Figura 2-12 Ciclo vida aplicación Android.

En los siguientes puntos se realiza un resumen de los principales estados:

- **OnCreate:** en esta etapa se realiza la inicialización. Aquí se configuran y establecen los dispositivos que se van utilizar en la RA como pueda ser la cámara o la geoposición, así como el interfaz Web.
- **onPostCreate:** En la figura de arriba este método no se muestra porque no es habitual su uso en aplicaciones, pero Wikitude lo requiere. En esta etapa se realiza la carga del entorno de RA, se arranca el servicio WEB, y se establecen los mecanismos de comunicación entre el entorno WEB y el entorno Java.
- **onDestroy:** Esta etapa es la última del ciclo de vida de una aplicación de Android. Aquí se indica a Wikitude que libere todos los recursos utilizados.

- **OnResume:** En esta etapa la aplicación Android se está ejecutando, y el motor de Wikitude ya está en marcha pudiendo recoger y procesar estímulos externos tanto del usuario como de los dispositivos tipo cámara o GPS.

HTML 5 JavaScript Aplicación de RA
Android Java - Librería Wikitude
Librerías C y Motor Wikitude

Tabla 9 Niveles desarrollo Aplicación.

Cuando el motor web ya está en marcha, este se superpone sobre las imágenes de la cámara. La SDK de Wikitude obliga utilizar Java Script sobre HTML5 para comunicarse con la librería de RA. Los eventos de usuario y los estímulos recibidos a través de la cámara y el geo-posicionamiento son comunicados mediante métodos de JavaScript. Cuando se carga el script se indica a Wikitude los objetos que debe geo-localizar, o rastrear con la cámara. Una vez son detectados, Wikitude informa con métodos JavaScript, permitiendo así realizar la acción deseada por la aplicación; mostrar una imagen, un video, la distancia, etc.

Capítulo 3

3. Descripción General del Sistema.

En el capítulo actual se muestra una visión global del sistema, comenzando con las posibilidades que se ofrecen al usuario. En los siguientes puntos se examinan las herramientas utilizadas para llevar a cabo el trabajo. Finalmente, la documentación de este capítulo ofrece el esquema de diseño utilizado y como interactúan los diferentes elementos que componen el sistema.

3.1 Presentación del sistema.

La aplicación desarrollada ofrece al usuario un conjunto de funcionalidades que se enumeran a continuación:

- Con la cámara, a modo de ventana, visualizar los PDIs que rodean al usuario.
- Obtener información de los PDIs.
 - Preguntar información del PDI seleccionado.
 - Escuchar un resumen del PDI seleccionado.
 - Abrir un navegador con los resultados de una búsqueda del PDI seleccionado.
 - Acceder a la Wikipedia del objeto seleccionado.

La interacción con la aplicación comienza cuando el usuario utiliza el Smartphone a modo de ventana viendo el mundo a través de la cámara. A través de ella el usuario puede ver qué PDIs hay en su entorno.

Los PDI's son mostrados mediante un icono, marker, “flotando” en la visión de la cámara, mezclándose así los markers, que son objetos virtuales, con la realidad.

Cuando el usuario toca la pantalla seleccionando un marker, entonces se habilitan los iconos necesarios para realizar las siguientes funcionalidades:

- **Preguntar información de objeto seleccionado.** Una vez activa se pondrá en marcha el reconocimiento de voz permitiendo realizar una pregunta que será respondida en medida de lo posible. Preguntas que empiecen por: Qué, Cuándo, Cómo, Dónde, Por qué y Quien. Una vez recogida la pregunta se responderá utilizando la síntesis de voz
- **Escuchar un resumen del PDI seleccionado.** Esta funcionalidad podrá en marcha el mecanismo de síntesis de voz e informará de los datos mas característicos del PDI.
- **Consultar automáticamente en internet el objeto seleccionado:** Seleccionando está opción se abrirá el navegador y se accederá de forma automática a una búsqueda HTML de Google del objeto seleccionado.
- **Acceder a la Wikipedia del objeto seleccionado:** Proporciona un acceso directo a la Wikipedia o a la página del PDI abriendo el navegador.

Mientras un punto de interés esté seleccionado sólo se puede seleccionar otro si este es deseleccionado previamente, para ello es suficiente con tocar otra vez el objeto seleccionado.

3.2 Herramientas Utilizadas.

Como se ha detallado en capítulos anteriores, se van a utilizar un dispositivo Smartphone con sistema operativo Android, con el sistema Lolipop y la librería Wikitude. Pero además han sido necesarias otras aplicaciones y librerías para poder llevar a cabo la labor del trabajo PFC. Primero se describirán las herramientas utilizadas y en el siguiente punto las librerías añadidas para conseguir el objetivo de la aplicación.

3.2.1 Recursos utilizados para desarrollar.

Eclipse ADT: Entorno de desarrollo gratuito que integra utilidades para gestión de **APIs** de Android, depuración y generación de aplicaciones. Informa de los problemas que tiene el código y aporta comentarios para corregirlos.

Wikitude Target Tool Manager: Se trata de una utilidad gratuita de la SDK de Wikitude ubicada en la pagina web en la que se suben las imágenes que tiene que rastrear la aplicación. Esta utilidad tiene como entrada una archivo de imagen y salida un fichero wtc. Posteriormente este fichero es referenciado en la aplicación para proporcionarlo a la librería de Wikitude y así detectar puntos de interés mediante imagen.

Editor Sublime Java Script: Sublime es un editor gratuito de JavaScript para Mac OSX. Tiene funciones muy cómodas para el desarrollo en Java Script.

Navegador FireFox: Aplicación Web de escritorio para depuración de Java Script.

3.2.2 Recursos necesarios para el sistema.

SQLite: Es una librería para manipular bases de datos. En la aplicación es utilizada para almacenar la información relativa a los puntos de interés que hay que detectar.

Android text to speech: Es una clase que cuando se instancia es posible leer un texto dado como entrada. En la aplicación es utilizada para detallar viva voz los objetos seleccionados.

Android Speech Recognition Intent: Anteriormente este servicio de reconocimiento de voz del sistema operativo sólo se podía utilizar con conexión a internet. Mediante Android Speech recognition intent se accede a esta servicio y una vez esta activado se informa al usuario para que hable, el servicio recoge la voz, la procesa y la retorna en forma de cadena. Este servicio es utilizado para que el usuario realice preguntas sobre un punto de interés de RA.

3.3 Esquema de diseño y utilización de los recursos.

Wikitude utiliza principalmente HML5 con Java Script para proporcionar las funcionalidades de RA. Como se ilustra en la figura, esto obliga a tener separados los espacios de desarrollo de la aplicación pero a convivir en el momento de su ejecución.

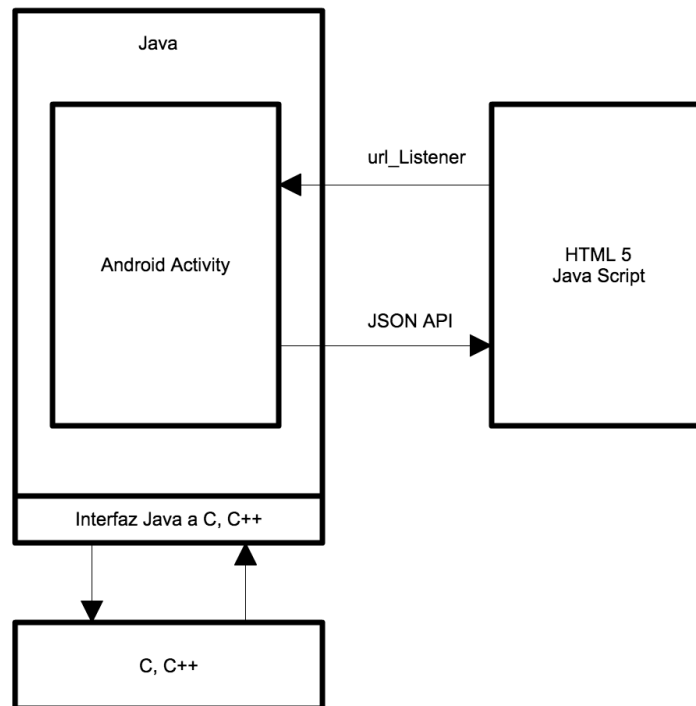


Figura 3-1 Espacios de desarrollo Wikitude.

En la zona dedicada a web se escribe la gestión de la actividad de la RA:

- Creación de los PDI a mostrar en la cámara.
- Interfaz de usuario de RA.
- Capturan de sus eventos.

En la zona de Java:

- Se configura el interfaz principal de la aplicación. Este debe incluir al interfaz de RA.
- Se gestionan los estados de la actividad Android.
- Se inicializan la base de datos con la información para utilizar en la RA.
- Se configura e inicia la RA.
- Se procesan los eventos de usuario surgidos en la zona WEB.

Es posible intercambiar datos entre la actividad y el entorno Web. Para enviar datos desde de Java al entorno web es necesario usar el API JSON. Para recibir datos desde el entorno web hacia Java se utiliza un GET o POST desde Java Script y una clase denominada url-listener en Java que permite atender consultas enviadas por el Navegador en formato URL desde JavaScript. Con esta intercomunicación se potencia las funcionalidades del entorno Web, ya que brinda la opción de usar todo Java desde

JavaScript, Bases de datos, GPS, archivos, TTS, etc. En la aplicación a desarrollada es Java realiza los proceso de síntesis y reconocimiento de voz a parte de abrir los navegadores para el acceso a las consultas del PDI seleccionado.

En los siguientes puntos se describe, de forma resumida las características de cada ámbito de programación.

3.3.1 Java

Como se ha mencionado, el ámbito Java tiene como cometido general gestionar la actividad de la aplicación y poner en marcha la RA de Wikitude, mientras que JavaScript se encarga de capturar los eventos de la RA.

En la implementación se ha seguido un esquema de diseño que permite tanto la flexibilidad de la naturaleza de PDI a representar como el interfaz de usuario. Todo se ha centralizado en un módulo que es configurable, el Motor RA. La funcionalidad del motor siempre es la misma, arrancar la librería de RA, establecer el interfaz y establecer los procesos de comunicación entre Java y Java Script. El interfaz de usuario se configura desde fuera, al igual que los datos que debe manejar la librería de RA.

Como se ve en la figura se tienen tres módulos dedicados a la RA en Java. A continuación se van a describir brevemente cada uno:

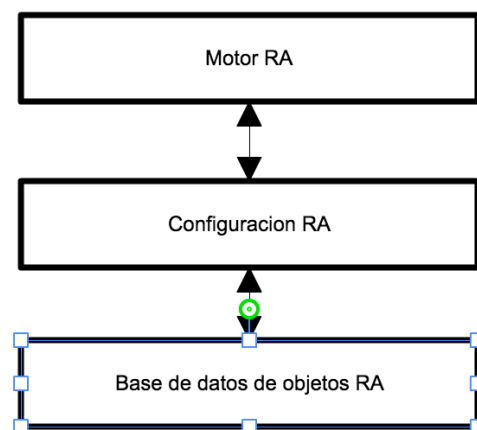


Figura 3-2 Módulos dedicados a la RA

- **Módulo Motor RA, ARactivity:** En este módulo es donde se inicializa, y configura las operaciones de RA. El motor RA es una clase tipo abstract, hija directa de la clase activity de Android. El Motor de RA se rige por el ciclo de vida de las aplicaciones Android y tiene implementada la secuencia de operaciones necesarias para poner en marcha el sistema de RA. Debe ser configurada externamente, recibiendo el interfaz de la actividad Android (layout), los datos de RA a utilizar, y los sensores a activar. En resumen en este módulo se establece:
 - **Interfaz de usuario:** Aquí se establece el interfaz de usuario de la aplicación, la superficie que ocupará la ventana de RA y los objetos nativos de Android [Figura 3.3]. En el caso de la aplicación implementada, no hay objetos nativos de Android y la ventana de RA ocupa toda la superficie de la pantalla [Figura 3.4].



Figura 3-3 Posible Interfaz de aplicación RA

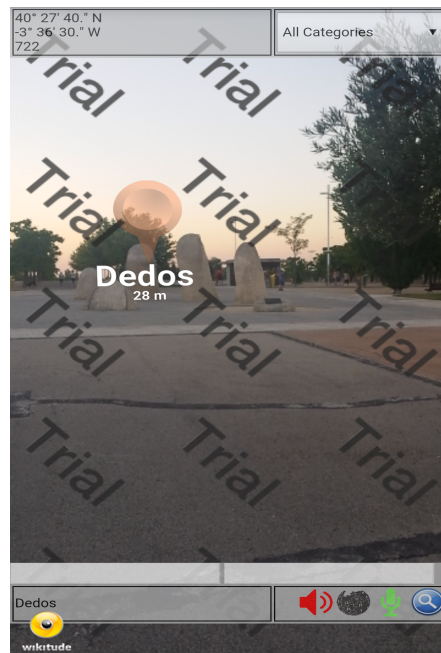


Figura 3-4 Diseño Final del Interfaz de aplicación.

- **Objetos a detectar:** Los PDIs a detectar se pasan en formato String. La capa WEB se encarga de recogerlos y crear un objeto detectable para cada PDI.
- **Rastreo:** Detección de objetos mediante la cámara.

- **Geo-localización:** Detección y representación de puntos en el espacio según la localización.
- **Síntesis de Voz:** Recibe la configuración de idioma y activa el motor de síntesis de voz. Reaccionando a un evento se puede poner en funcionamiento.
- **Reconocimiento Voz:** Activa el reconocimiento de voz y mediante algún evento se puede poner en marcha a escuchar. Una vez procesado retorna el control.

Una vez configurado el motor de RA en la inicialización, se carga la interfaz de RA con las funcionalidades según la configuración, y entra en funcionamiento el ciclo de vida de la RA.

- **Módulo de Configuración del Motor de RA.** Este módulo es dependiente del anterior. Configura el Motor de RA estableciendo cómo va a ser el interfaz de usuario, y qué funcionalidades de RA a usar, además de la información que debe incorporar cada objeto a detectar, y el formato de los objetos. En este módulo se procesan los eventos recibidos por el nivel motor de RA.
- **Entrada de Datos para los objetos.** Este módulo extrae de memoria secundaria la información de los objetos a detectar y se la remite al módulo de configuración y este al motor de RA. Da formato a cada objeto de Realidad aumentada, describiendo la naturaleza de la información de cada uno.

3.3.2 HMLT 5 y JavaScript.

La parte Web de la aplicación tiene también dos ámbitos: HTML 5 y Java Script. HTML 5 es usado para configurar el interfaz usuario de la ventana del mundo de RA. En nuestro caso, en HTML, se ha programado un interfaz que muestra en la parte superior la posición del usuario en coordenadas y en la inferior los botones relacionados con las funcionalidades de la aplicación:

- **Preguntar información de objeto seleccionado.** Una vez activa se pondrá en marcha el reconocimiento de voz permitiendo realizar una pregunta que será respondida en medida de lo posible. Preguntas que empiecen por: Qué, Cuándo, Cómo, Dónde, Quien y Por qué.

- **Escuchar un resumen de información de objeto seleccionado.** Una vez recogida la pregunta se responderá utilizando la síntesis de voz.
- **Consultar automáticamente en internet el objeto seleccionado:** Seleccionando esta opción se abrirá el navegador y se accederá de forma automática a una búsqueda HTML de Google del PDI seleccionado.
- **Acceder a la Wikipedia del objeto seleccionado:** Proporciona un acceso directamente a la Wikipedia abriendo el navegador.

Estas funcionalidades son definidas en HTML pero solo cobran vida cuando son asociadas a JavaScript en forma de evento. En JavaScript se capturan estos eventos pero los objetos de RA (eventos), y posteriormente son enviados a Java con ayuda de los mecanismos para poder intercambiar información entre el nivel Java y el entorno web.

Capítulo 4

4. Descripción detallada de los módulos de sistema.

La estructura del capítulo tiene dos secciones, Java y WEB. La librería Wikitude obliga a usar un entorno de programación web, HTML5 y Java Script para la manipulación de los objetos a representar en la cámara, mientras que el resto de la aplicación, la inicialización de la librería Wikitude, la gestión de los datos, o el interfaz oral se codifican en Java Android.

4.1 Módulos Java.

4.1.1 Módulo ARactivity. Motor de RA.

Funcionalidad:

El módulo **ARactivity** realiza las operaciones necesarias para:

- **Establecer la configuración, inicializar y poner en marcha la librería de RA Wikitude.** Cuando se arranca la librería se pone en marcha la interfaz web, cámara y el sistema de posicionamiento GPS controlado por Wikitude.
- **Establecer la configuración, inicializar y proporcionar las funcionalidades para sistema de acceso oral, librerías TTS y STT.**
- **Establecer la superficie de interfaz de usuario** de la aplicación Android.
- **Inicializar el sistema de comunicación entre Java y JavaScript.**

Arquitectura:

El módulo **ARactivity** es una clase hija que hereda de la clase **Activity**, clase presente en todas las aplicaciones Android. La arquitectura del módulo **ARactivity** viene determinada fundamentalmente por los estados del ciclo de vida de la actividad de la aplicación, heredados de la clase **Activity**. Esta clase ofrece un interfaz para poder manipular los estados de la actividad. Los estados principales de una aplicación Android vienen indicados en la siguiente figura:

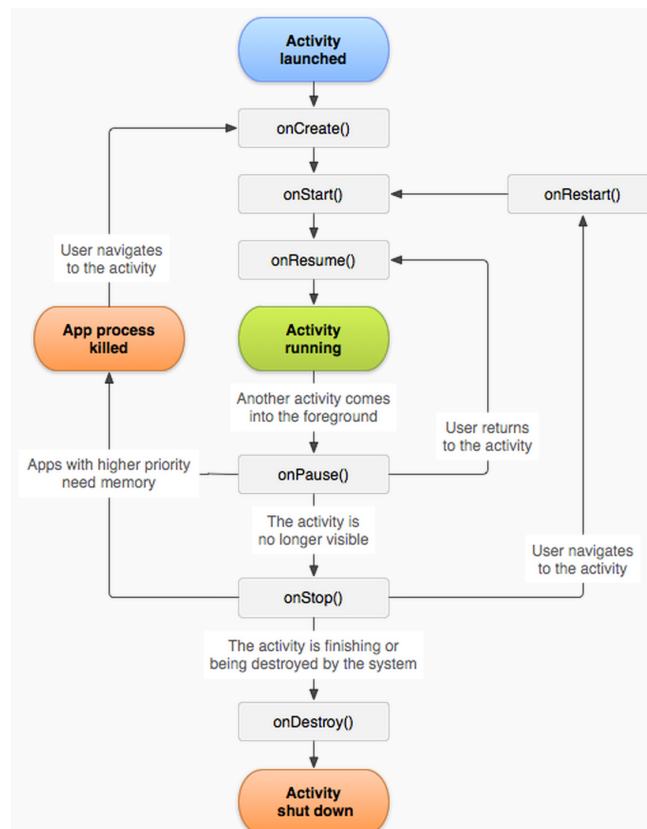


Figura 4-1 Ciclo vida aplicación Android.

La librería Wikitude requiere saber qué estado del ciclo de la actividad (aplicación) Android se está ejecutando. Esta característica obliga a sobrescribir los métodos de la actividad y en ellos llamar a los métodos de wikitude correspondientes para cada estado de la actividad Android. En la Figura 4-1 se muestran los estados más habituales de una actividad pero Wikitude requiere además los estados **OnPostCreate** y **OnLowMemory**.

El sistema de acceso oral también requiere sobre escribir el estado de la actividad **onInit**, y para establecer la superficie de interfaz de usuario de la aplicación Android

también es necesario sobrescribir el método onCreate.

A continuación se indica cómo se sobrescriben los métodos del estado de la aplicación según su secuencia de ejecución:

- **Método OnInit de la actividad.** En este método se comprueba si se puede ejecutar el sistema de síntesis de voz. En caso negativo se muestra un mensaje indicando el problema.
- **Método OnCreate de la actividad.** En este método se realiza la inicialización y configuración de:
 - **El sistema de RA Wikitude**, que comprende:
 - La Información de los objetos a representar de la RA. Esta información es utilizada para detectar y representar los objetos de RA.
 - Rastreador de imágenes de RA.
 - Rastreador de geo-posición RA.
 - **Síntesis de voz.**
 - **Reconocimiento de voz.**
- **Método OnPostCreate de la actividad:** Este estado de la actividad carga el sistema de RA Wikitude con la configuración establecida en el estado OnCreate.
- **Método OnPostCreate de la actividad. En el estado OnResume comienza la experiencia RA para el usuario.** En este estado se muestra la superficie de la aplicación, se arranca la cámara y el interfaz WEB se superpone sobre ella. En este momento los objetos cargados comienzan a ser rastreados, tanto por imagen como por geo-localización.

Además, en este estado Java está escuchando si se produce algún evento procedente del mundo web, por ejemplo si un usuario selecciona un punto de interés se recibe dicho evento y se gestiona en Android directamente, o se envía información de nuevo al lado web para tratar allí la información.

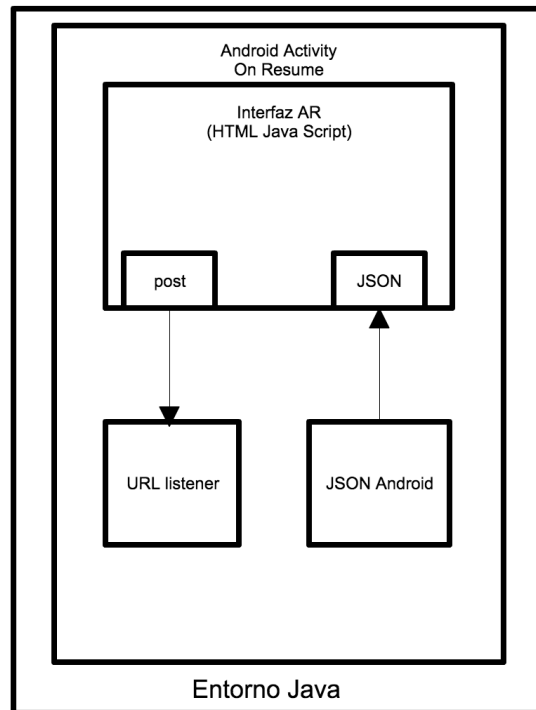


Figura 4-2 Interfaz de comunicación Java JavaScript

Para comunicarse entre la interfaz HTML y la actividad de Android es necesario utilizar dos canales impuestos por Wikitude:

- **JSON Android:** Permite el envío de datos desde Java a lado WEB, concretamente a Java Script.
- **URLListener:** Permite el envío de datos desde el lado WEB a Java. UrlListener es un servidor HTML que recibe información del entorno WEB.
- **Método OnLowMemory de la actividad.** Este estado es utilizado por la librería de Wikitude para advertir de la existencia de poca memoria libre para trabajar. Este método es asíncrono, ejecutándose cuando se produzca dicha penalización.
- **Método OnDestroy de la actividad.** En este estado se realiza la Finalización de la actividad, liberándose todos los recursos utilizado durante la ejecución de sistema.

La arquitectura de este módulo, aparte de estar sujeta a las condiciones de la librería Wikitude, ofrece de un conjunto de métodos abstractos, callbacks, que permiten externamente configurar del sistema de RA. Estos métodos serán implementados por las clases que hereden de **ARactivity**. Los métodos son:

- **Métodos de Configuración de la aplicación RA.** Estos métodos son llamados en la etapa onCreate y permiten la configuración de:
 - **La interfaz de usuario.** Los métodos abstractos dispuestos son:
 - **initLayout():** Permite añadir objetos sobre la superficie del interfaz de la aplicación Android.
 - **La configuración del sistema de RA.** Los Metodos para configurar:
 - **El sistema de RA Wikitude.**
 - **getPoiDataARInicIALIZation.** Este método debe procesar y retornar toda la información de los objetos a representar y detectar en el ámbito de RA.
 - **Síntesis de voz:**
 - **SpeechRate().** Ralentiza o acelera el habla.
 - **vSetPitch():** Tono de lectura.
 - **vSetLocale():** Establece el idioma de la síntesis de voz.
 - **Reconocimiento de voz:**
 - **VoiceRecognitionPrompt():** Inicializa el reconocimiento de voz.
- **La comunicación entre Java y el lado WEB:** Estos métodos son llamados en la etapa onCreate y permiten la configuración de
 - **UploadMoreInfoToJavaScript:** Permite enviar información a JavaScript.
 - **JavaScriptListener (String):** Recibe información cuando JavaScript la envía a Java.

- **Método de captura de reconocimiento de voz:**
 - `GetVoiceRecognition(String VoiceRec)`: Una vez terminado un evento de reconocimiento de voz permite recoger en formato String el mensaje de voz grabado y realizar con el lo que corresponda.

Además de los métodos abstractos también se proporcionan dos métodos públicos para leer un texto y Comenzar el reconocimiento de voz. Estos métodos públicos son:

- `StartVoiceRecognition()`: Lanza el Proceso de reconocimiento de voz.
- `vReadText (String)`: Lee el texto proporcionado en el argumento tipo String.
- `StopRead ()`: Para la lectura de texto.

4.1.2 Módulo iuAR. Interfaz de Usuario.

Funcionalidad.

Este módulo tiene como misiones:

- **Proporcionar la información de los objetos a representar y detectar en la RA.**
- **Configurar la superficie de interfaz de usuario de la aplicación.**
- **Procesar los eventos de usuario.** El motor de RA, módulo ARactivity, recibe información desde lado WEB a través de sus funciones comunicación. Esta información es recogida aquí e interpretada como eventos de usuario. En este módulo, se analiza el tipo de evento y se procesa. Los eventos tratados son:
 - **Evento de Objeto seleccionado:** Cuando se recibe este evento se accede a la información básica, nombre y descripción, para mostrarla en el interfaz WEB de realidad Aumentada.
 - **Evento de Pregunta:** Preguntas relacionadas con el objeto seleccionado de la RA. Cuando es detectado este evento, se llama al motor de RA para procesar la pregunta y este retorna la pregunta en modo texto. Este módulo la procesa y accede a los datos del objeto, recupera esta información y la envía al motor de RA para que la sintetice en voz.

- **Evento ir a Wikipedia:** Cuando llega un evento Abrir el Navegador WEB nativo e ir a la pagina de Wikipedia del objeto seleccionado.
- **Evento consulta Google:** Abre el Navegador y realizar una consulta del objeto seleccionado.

Arquitectura.

Este módulo es una clase llamada iuAR hija directa ARactivity que implementa sus métodos abstractos y como clase abstracta ofrece una serie de métodos para la manipulación de información, de esta forma se hace independiente la información del interfaz de usuario.

Los métodos que se implementan de la clase padre son los siguientes: son:

- **Métodos de Configuración de la aplicación RA.** Son los métodos llamados en la etapa onCreate y permiten la configuración de:
 - **La interfaz de usuario.** Los métodos abstractos implementados son:
 - **initLayout():** Añade al interfaz de usuario una lista horizontal en la parte superior de la superficie con imágenes relacionadas con los objetos seleccionados.
 - **La configuración del sistema de RA.** Los métodos para configurar:
 - **El sistema de RA Wikitude.**
 - **getPoiDataARInicialization():** En la implementación de este método se recoge el identificador y nombre de cada puntos de Interés a representar en la zona RA. Esta información luego es utilizada en la RA para crear cada punto de interés. Es importante señalar que cada punto de interés lleva asociado un identificador que permite relacionar los puntos de interés entre Java y JavaScript.
 - **Síntesis de voz:**
 - **SpeechRate().** Establece el valor normal de velocidad de lectura.

- **vSetPitch():** Establece el valor normal de velocidad de tono de lectura.
 - **vSetLocale():** Establece el idioma castellano para la síntesis de voz.
- **Reconocimiento de voz:**
 - **VoiceRecognitionPrompt():** En la implementación de este método se establece el mensaje de texto “Indique su consulta” para invitar al usuario a que hable:
- **La comunicación entre Java y el lado WEB:** Estos métodos son llamados en la etapa **OnCreate** y permiten la configuración de
 - **UploadMoreInfoToJavaScript:** Este método solo es definido para establecer las ubicaciones de las imágenes de botones que tiene que usar la RA en el lado WEB.
 - **JavaScriptListener (String):** La implementación de este método tiene como objetivo gestionar los eventos de usuario precedentes del entorno de RA. A través del String de entrada se recibe información de JavaScript y es analizada en el método **EventsFromRA()**, donde se busca su correspondencia con un evento. Los eventos procesados son:
 - **Evento de Objeto seleccionado:** Cuando se recibe este evento se obtiene la información básica, nombre y descripción para guardarla temporalmente.
 - **Evento de Pregunta:** En este evento se activa el reconocimiento de voz del motor de RA el usuario realiza la pregunta del punto de interés, el reconocedor la procesa y el motor de RA la retorna en formato texto. A continuación la pregunta es procesada y clasificándola para buscar su respuesta en la base de datos. Finalmente el usuario recibe la respuesta mediante síntesis de voz.
 - **Evento ir a Wikipedia:** Cuando llega este evento se accede a la información del punto de interés para recuperar los datos y así abrir el Navegador WEB nativo para ir a la página de Wikipedia del objeto seleccionado.
 - **Evento consulta Google:** Cuando llega este evento se accede a la información del punto de interés para recuperar los datos y así abrir el Navegador WEB nativo para ir a realizar una consulta Google mostrando los resultados.

- **Método de captura de reconocimiento de voz:**
 - **GetVoiceRecognition(String VoiceRec):** Una vez terminado un evento de reconocimiento de voz permite recoger en formato String el mensaje de voz grabado y realizar con el lo que corresponda.

Cuando la aplicación comienza a ejecutarse, estos métodos son llamados en la clase padre en los momentos que corresponde. El uso de clases abstractas permite crear una aplicación flexible ya que la clase hija puede implementar los métodos como necesite.

La gestión de información podría haberse incrustado directamente en este módulo, pero esta clase se ha definido cómo abstracta para independiza interfaz de usuario de los datos de la aplicación. Los métodos para obtener la información son:

- **Métodos para inicializar los objetos de RA:**
 - **iInitPois():** En la implementación debe retornar el número de puntos de interés con que se va a trabajar en la RA. Es llamado en la inicialización de RA, mas concretamente en la implementación de **getPoiDataARInicization()** para indicar cuántos puntos de interés cargar.
 - **szPoiInformatioARGeo(int idPoi).** Este método debe recuperar la información básica, identificador y nombre, de un punto de interés con idPoi. El método es llamado en la inicialización de RA, **getPoiDataARInicization()**, para cada uno de los puntos de interés a cargar en la RA. El identificador permitirá relacionar los puntos de interés entre el ámbito Java y web cuando surjan eventos, y el nombre se utilizará mostrarse debajo del marker virtual cuando deba ser pintado. Cuando estos datos sean recibidos en el entorno RA, cada PDI será creado con esta información.
- **Método para obtener la información de un objeto de RA seleccionado.**
 - **szPoiInfo (int id):** Este método es llamado en el método privado procesador de eventos **EventsFromRA**. En **EventsFromRA** se llama a este método recuperando así la información necesaria para los siguientes eventos:

- Evento para consulta Google.
- Evento para ir a Wikipedia.
- Evento para Evento de Pregunta.
- Tratamiento de evento para Evento de Objeto seleccionado.

En el tratamiento de un evento, se recibe su código de evento y el identificador del punto de interés que produce ese evento en Java Script. Con estos datos es posible obtener el recuperar la información del punto de interés para tratar el evento.

4.1.3 Módulo PoiDatabase. Gestión de los datos de los objetos de RA.

Funcionalidad.

Este módulo tiene como finalidad proporcionar la información de los puntos de interés que se van a representar en la RA. La información se obtiene de la base de datos que contiene los puntos de interés. La base de datos es muy sencilla, contiene una única tabla donde se definen los siguientes campos para cada registro punto de interés:

Campos Punto de Interés

- | | |
|------------|---------------------|
| • Id | • Ciudad |
| • Nombre | • Descripción |
| • Latitud | • Imagen a detectar |
| • Longitud | • Imagen a mostrar |
| • Altitud | • URL Wikipedia |
| • País | • Categoría |

Para manejar la base de datos se ha creado el módulo Database. Como veremos en el punto siguiente el módulo Database ofrece una interfaz de acceso transparente a SQL.

El módulo interfaz de usuario accede a esta información a través de sus métodos abstractos en la **Inicialización de RA** y en **tratamiento de eventos**.

Arquitectura.

Poidataba se una clase que hereda directamente de la clase uiAR. En este módulo se implementan dos aspectos:

- **Gestión de la información de los puntos de interés.**
- Implementación de los métodos abstractos de la clase padre **interfaz de usuario**.

La **gestión de la información** se realiza con ayuda de la clase Database. Esta clase implementa las operaciones necesarias en SQL para crear y gestionar base de datos de forma transparente cuando se instancia. Los métodos abstractos implementados de la clase padre son implementados aquí para proporcionar la información necesarios en:

- **Métodos para inicializar los puntos de interes de RA:**
 - **iInitPois()**. El método retorna el número de puntos con los que va a trabajar la aplicación. Este dato es requerido por el interfaz de usuario y pasado al motor de RA para la correcta inicialización de la RA. Para ello, en su implementación este método inicializa la base de datos si no existe, creando todos los registros, y retornando cuántos registros hay en la base de datos para retornar su número.
 - **szPoiInformatioARGeo()**. Este método tiene como objetivo recuperar la información más básica, identificador y nombre de un punto de interés para cargarla en el entorno RA. Esta información se visualizarla junto con los markers virtuales cuando sean detectados.

Con la identificación del punto de interés es posible relacionar los puntos de interés creados en el entorno web con la base de datos, entorno Java. Este método permite añadir cuanta información se necesite sobre el entorno web pero hay que tener en cuenta que cuánta más se añada, más se carga el la librería wiktitude y más pesado se vuelve la detección.

En la aplicación implementada se ha considerado suficiente cargar sólo los datos de Identificación y Nombre del punto de interés. Se ha decidido cargar el nombre para presentarse lo mas rápido posible cuando se presente un punto de interés. Podría haberse hecho que el nombre del punto de interés se recuperase a partir del identificador pero supondría más penalizaciones (acceso a la base de datos intercomunicación entre

Java y Java Script). El resto de datos de información del punto de interés, no necesitan ser presentados con tal rapidez, asumiendo que para acceder a ellos se tiene la penalización por acceder a la base de datos más el tiempo de intercomunicación entre Java y JavaScript.

- **El Método para obtener la información de un objeto de RA seleccionado:**
 - **szPoiInfo (int id):** Este método accede a toda la información de cada punto de interés almacenado en la base de datos. Este método es llamado en el método **EventsFromRA** que trata los eventos eventos del modulo uiAR.

4.1.4 Módulo SQL.

Funcionalidad.

Este modulo implementa una clase que tiene como funcionalidad gestionar una base de datos SQLite. Para ello implementa un conjunto de funciones que permiten:

- Crear una base de datos.
- Crear tablas.
- Insertar registros
- Acceder a la información.
- Destruir la base de datos.

Arquitectura.

Esta clase ofrece un conjunto de métodos públicos que permiten gestionar la base de datos. Los métodos son:

- **CreateDatabase:** Crea un base de datos con nombre y versión.

- InitDatabaseStore: Crea una tabla y sus campos.
- DeleteTable: Borra una tabla.
- GetColsDatabase: Retorna el numero de campos de una tabla.
- GetTotalRecords: Obtiene el numero de registros de una tabla
- SelectAllRecords: Retorna todos los registros de una tabla.
- GetTotalFields: Retorna en numero de columnas de una tabla.
- SQLInsertRecord: Inserta un registro en la tabla.
- GetCols: Obtiene el nombre de los campos de una tabla.
- SelectRecord: Obtiene todos los campos de un registro dado su identificador.
- ParseDataFromFile: Apartir de un fichero de entrada le la información que contiene y la inserta en una tabla.
- DestroyDatabase: Borra la base de datos.

Para proporcionar estas funcionalidades este modulo implementa un conjunto de métodos privados que crean sentencias SQL y las ejecutan.

4.2 Módulos WEB.

4.2.1 Módulo HTML index.html

Funcionalidad.

La funcionalidad de este módulo es establecer el interfaz de usuario de la RA. Este módulo es llamado cuando comienza la experiencia RA. Es usado para representar los iconos de interfaz de usuario en página WEB de RA y para cargar Java Script. Wikitude proporciona las funcionalidades de RA mediante Java Script.

Arquitectura.

Este módulo sigue la clásica estructura de HTML donde se define el tipo de documento, el cuerpo de la pagina web para establecer la interfaz de usuario, y la entrada de Java Script.

La estructura de pagina WEB se ilustra en la figura:

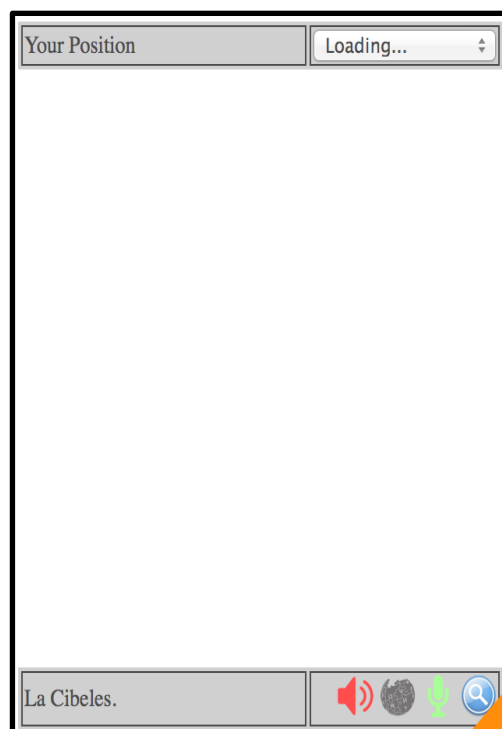


Figura 4-3 Interfaz de RA de la aplicación.

En la parte superior se ha dispuesto una tabla con dos columnas y una Fila, La columna de la izquierda indica la geo-posición del usuario y la de la derecha tiene un selector de categoría que permite seleccionar y establecer qué objetos detectar durante la experiencia de la Realidad Aumentada. El seleccionador de categoría presenta una lista con las categorías de los objetos cargados.

En la parte inferior de la pagina, se visualiza otra tabla donde se proporciona la información básica del PDI seleccionado y los botones relacionados con los eventos para ese PDI. Cuando el usuario selecciona un PDI los botones se activan permitiendo al usuario interactuar con ellos. Cuando toca uno Java Script intercepta el evento y realiza las acciones pertinentes para cada uno. A continuación se describen cada botón y su objetivo:

- **Botón de Información básica del objeto:** Cuando el usuario pulsa este botón se llama a un Método de Java Script para leer la información básica del Objeto.
- **Botón de Wikipedia:** Cuando el usuario pulsa este botón se abre el navegador nativo del smartphone con la pagina web del objeto seleccionado.
- **Botón de preguntas:** Este botón permite realizar una consulta del objeto mediante reconocimiento de voz.
- **Botón de búsqueda en Google:** Cuando el usuario pulsa este botón se abre el navegador nativo del smartphone con los resultados de la búsqueda en Google del objeto seleccionado.

4.2.2 Módulo Java Script IrAndGeo.

Funcionalidad:

Este módulo realiza las siguientes funcionalidades:

- **Interfaz de comunicación entre Android y Java Script.** El intercambio de datos es usado para la creación de los PDIs, se recibe la información de cada uno desde el entorno Java. También es usado para enviar los eventos sucedidos en JavaScript hacia Java.

- **Creación de los PDIs que se van a representar durante la experiencia RA.**
- **Atender los eventos que se producen durante en el ámbito de RA. Los eventos son:**
 - POI seleccionado.
 - Consulta Google.
 - Ir a Wikipedia.
 - Pregunta.

Arquitectura.

Como se puede ver en la siguiente figura el módulo tiene la siguiente arquitectura:

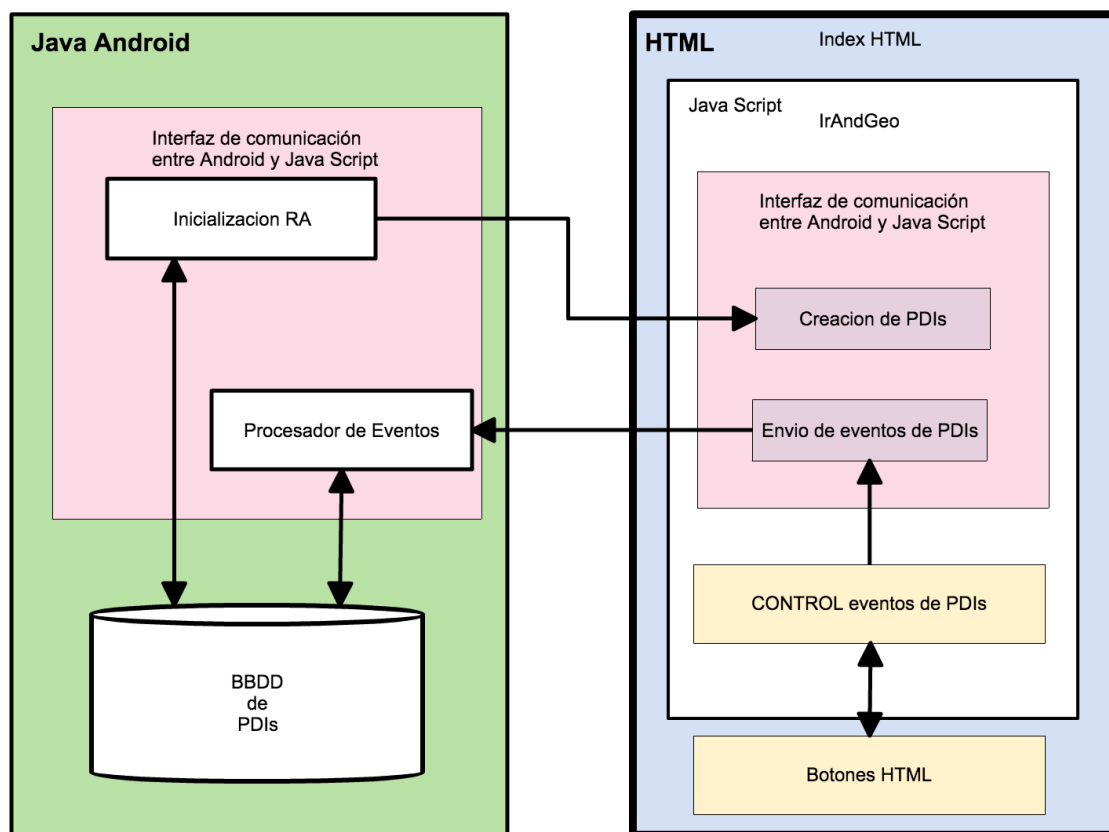


Figura 4-4 Esquema Arquitectura Java Script Java

Este módulo implementa los métodos necesarios para crear los POIs, procesar los eventos e intercambiar información entre Java y el Navegador WEB de Wikitude.

Los métodos de creación de POIs son llamados desde Java en la etapa inicialización del la RA en Java, módulo ARactivity. En esta etapa, ARactivity envía la información de

cada POI mediante funciones de JSON, recibándose en este módulo y creándose los PDIs que van a ser detectados y mostrados.

Como se ha mencionado, este módulo controla los eventos ocurridos tanto sobre los PDIs creados con Wikitude como los ocurridos sobre HTML. Cuando el usuario selecciona un PDI este comunica su evento a este método, el POI se resalta y se activan los botones de HTML. Una vez seleccionado se permite realizar una de las siguientes acciones:

- Consulta Google.
- Ir a Wikipedia.
- Pregunta.

Cuando realiza una de las acciones, se envía el evento al módulo ARactivity donde es procesado.

4.2.3 Módulo Java Script Creación de Objetos.

Funcionalidad.

Este módulo de Java Script tiene como objetivo crear los PDIs que van a ser rastreados y visualizados en la ventana de RA. Cuando un PDI es creado se le proporcionan un conjunto de propiedades: nombre, imagen asociada, animación, evento, etc.

Arquitectura.

La arquitectura de este módulo se centra básicamente en el método para la creación de los PDIs.

El método createMarker crea los markers virtuales de los PDIs que van ser detectados y mostrados. Cada PDI creado tiene las siguientes propiedades:

- Identificador: Identificador del PDI.
- Un icono: Será mostrado cuando el PDI sea detectado.
- Una etiqueta: Se muestra debajo del icono cuando el PDI es detectado.
- Una imagen a rastrear: Cuando la librería de Wikitude detecte la imagen a través de la cámara entonces se mostrará el icono, marker, junto con la etiqueta.

- Geo-Posición: Son las coordenadas del PDI. Cuando la librería de Wikitude tenga las coordenadas del PDI en el campo de visión entonces se mostrará el icono, marker, junto con la etiqueta.
- Un manejador de eventos: El manejador de eventos es un método callback. Cuando el usuario toca el PDI el método On-Click se ejecuta, desencadenando los eventos programados. En nuestro caso, cuando el usuario toca el PDI el evento es enviado a IrAndGeo donde se activan los botones del interfaz HTML.

Capítulo 5

5. Evaluación de la aplicación.

En los puntos siguientes se describe la evaluación de la aplicación del PFC. Para llevar a cabo la evolución se ha diseñado un cuestionario que recoge la impresión de los usuarios que la han utilizado, después se analizan los datos y finalmente se muestran las conclusiones.

5.1 Metodología de evaluación.

La metodología de evaluación se ha realizado mediante la encuesta, cuestionarios que nos proporcionan la satisfacción de los usuarios. Este método es fácil, rápido, económico y con resultados fiables.

Se pretende obtener la siguiente información sobre una muestra aleatoria de personas de 30 y 45 años de la población de Madrid:

- Uso del smartphone:
 - Frecuencia de uso del smartphone.
 - Forma de uso: Orientado solo para comunicarse, ocio.
- Conocimiento y experiencia previa con aplicaciones de RA.
- Experiencia con la aplicación.

El cuestionario diseñado para recoger la información es el siguiente:

Nº	Pregunta	Valores	Puntuación
1	¿Cuál su experiencia con los smartphones?	1 Nada; 5 Mucha	
2	¿Con qué frecuencia usa el smartphone?	1 Nada; 5 Mucho	
3	¿Cuánto usa el smartphone para comunicarse?	1 Nada; 5 Mucho	
4	¿usas el smartphone para ocio?	1 Nada; 5 Mucho	
5	¿sabe qué es la RA?	1 Nada; 5 Mucho	
6	¿Ha usado aplicaciones de RA?	1 Nada; 5 Mucho	
7	¿Le ha parecido interesante la idea RA?	1 Nada; 5 Mucho	
8	¿Qué le ha parecido la idea de la aplicación?	1 Nada; 5 Mucho	
9	¿Qué tal ha entendido la aplicación?	1 Nada; 5 Mucho	
10	¿Cómo de sencilla le ha parecido la interfaz?	1 Nada; 5 Mucho	
11	¿Se ven bien los puntos de interés?	1 Mal; 5 Muy bien	
12	¿Se contestan bien las preguntas?	1 Mal; 5 Muy bien	
13	¿Se entiende bien la síntesis de voz?	1 Mal; 5 Muy bien	
14	¿Cómo ha sido la experiencia global de la aplicación?	1 Mala; 5 Muy bien	

Tabla 10 Preguntas encuesta evaluación Aplicación.

Las cuestiones uno a cuatro forman el grupo de preguntas orientadas al uso del teléfono. Este dato ayudará a entender resultados en la siguientes preguntas relacionadas con RA y con la evaluación de la aplicación. Normalmente un usuario con nada de experiencia en smartphones tampoco la tendrá con la RA. Con las preguntas 5 a 7 se trata de averiguar el grado de conocimiento de la RA. Finalmente con las preguntas ocho a 14 se evalúa la aplicación.

5.2 Resultados de la evaluación.

La encuesta se ha realizado sobre un total de trece personas a las cuales se les ha dado antes unas nociones básicas de la RA, y de la aplicación. La aplicación la han probado durante 24 horas. La siguiente tabla indica el resultado de las encuestas:

		Preguntas													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Usuarios	1	2	3	1	1	1	1	4	4	2	2	3	2	4	3
	2	4	4	3	2	1	1	4	4	3	4	3	2	4	3
	3	3	4	3	2	1	1	4	4	3	3	3	2	4	3
	4	3	4	3	3	1	1	4	4	3	4	4	2	4	3
	5	3	4	4	4	3	1	4	4	3	4	2	2	4	3
	6	3	4	4	3	2	1	4	4	3	4	4	2	4	3
	7	4	4	2	3	4	1	4	4	3	4	3	2	4	3
	8	5	4	5	3	3	3	4	4	4	4	3	2	4	3
	9	3	3	2	3	3	1	4	4	3	4	4	2	4	3
	10	4	4	4	3	1	1	4	4	3	3	4	2	4	3
	11	3	4	2	3	1	1	4	4	3	4	3	2	4	3
	12	3	4	3	3	1	1	4	4	3	3	3	2	4	3
	13	3	4	2	3	1	1	4	4	3	3	4	2	4	3
Promedio		3,3	3,8	2,9	2,7	1,7	1,1	4	4	3	3,5	3,3	2	4	3
Mediana		3	4	3	3	1	1	1	4	3	4	3	2	4	3
Varianza		0,5	0,1	1,2	0,5	1,2	0,3	0	0	0,1	0,4	0,3	0	0	0
Máximo		5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Mínimo		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Tabla 11 Resultados encuestas

Las figuras siguientes nos ayudarán a entender los datos con más claridad. Para cada pregunta se muestra un gráfico circular, junto con la media, mediana, varianza.

Pregunta 1: ¿Cuál su experiencia con los smartphones?

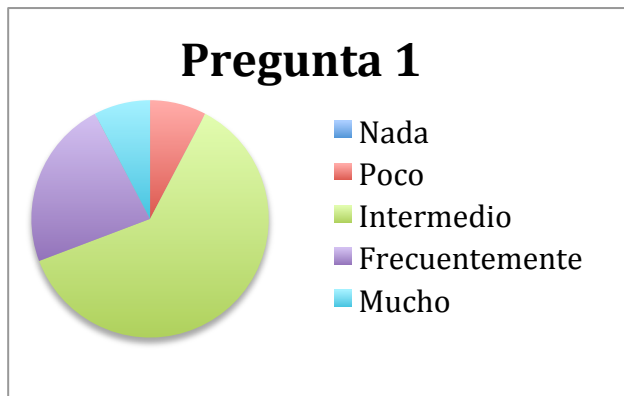


Figura 5-1 Pregunta 1. Encuesta.

- Promedio: 3,3
- Mediana: 3
- Varianza: 0,5

Pregunta 2: ¿Con qué frecuencia usa el smartphone?:

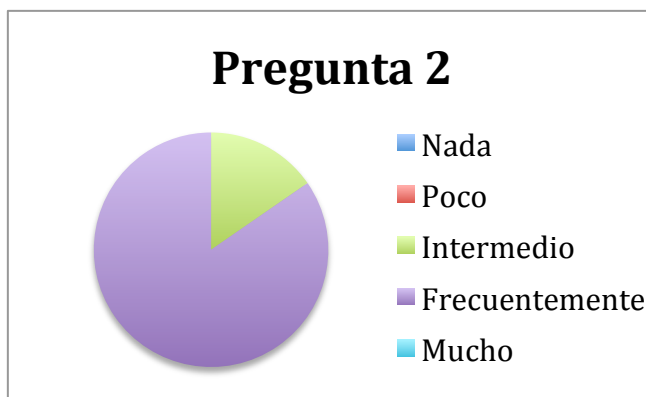


Figura 5-2 Pregunta 2 encuesta.

- Promedio: 3,8
- Mediana: 4
- Varianza: 0,1

Pregunta 3: ¿Cuánto usa el smartphone para comunicarse?

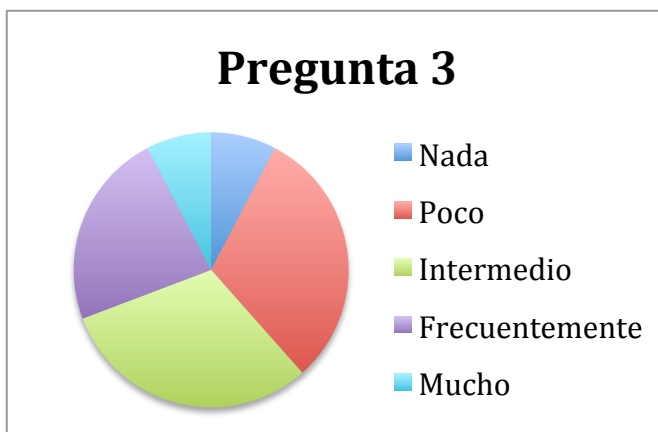


Figura 5-3 Pregunta 3 encuesta.

- Promedio: 2,9
- Mediana: 3
- Varianza: 1,2

Pregunta 4: ¿usas el smartphone para ocio?

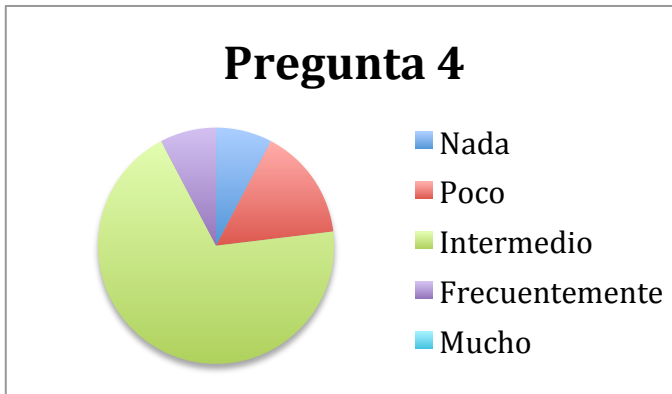


Figura 5-4 Pregunta 4 encuesta.

- Promedio: 2,7
- Mediana: 3
- Varianza: 0,5

Pregunta 5: ¿sabe qué es la RA?

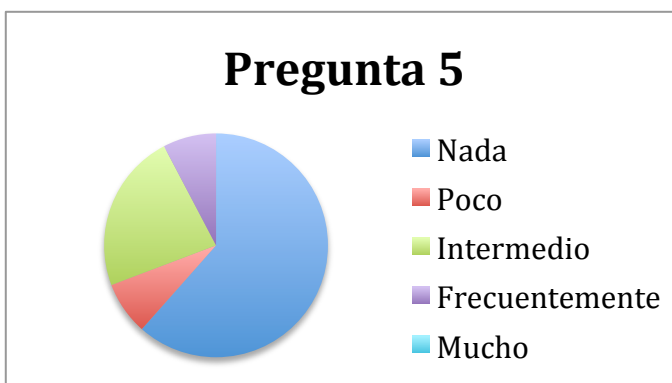


Figura 5-5 Pregunta 5 encuesta.

- Promedio: 1,7
- Mediana: 1,5
- Varianza: 1,2

Pregunta 6: ¿Ha usado aplicaciones de RA?

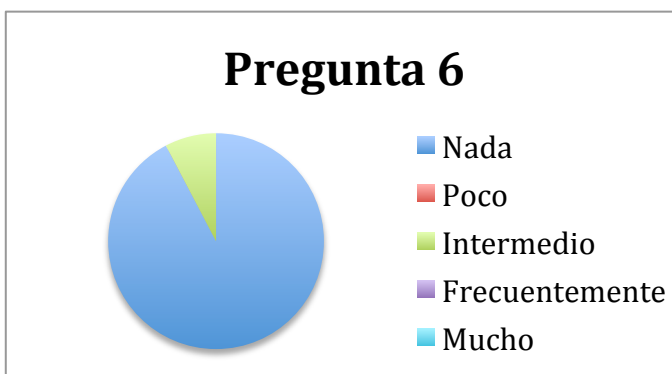


Figura 5-6 Pregunta 6 encuesta.

- Promedio: 1,1
- Mediana: 1
- Varianza: 0,3

Pregunta 7: ¿Le ha parecido interesante la idea RA?

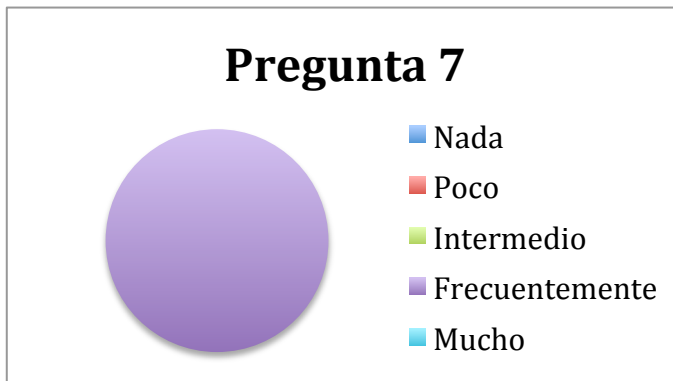


Figura 5-7 Pregunta 7 encuesta.

- Promedio: 4
- Mediana: 1
- Varianza: 0

Pregunta 8: ¿Qué le ha parecido la idea de la aplicación?

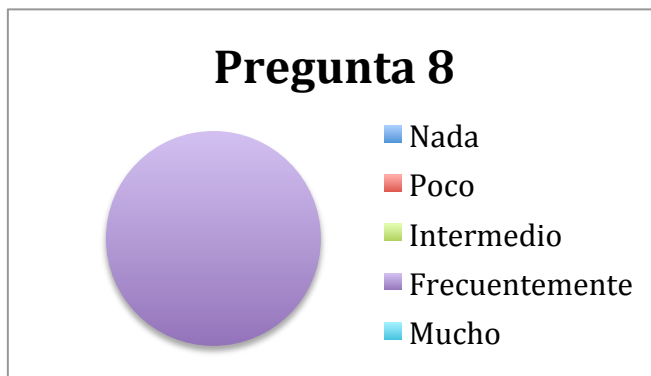


Figura 5-8 Pregunta 8 encuesta.

- Promedio: 4
- Mediana: 4
- Varianza: 0

Pregunta 9: ¿Qué tal ha entendido la aplicación?

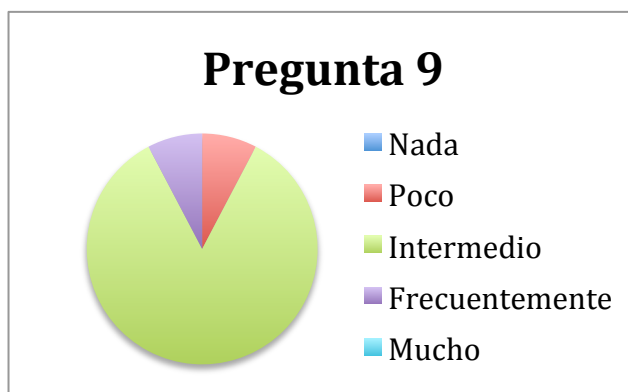


Figura 5-9 Pregunta 9 encuesta.

- Promedio: 3
- Mediana: 3
- Varianza: 0,1

Pregunta 10: ¿Cómo de sencilla le ha parecido la interfaz?



Figura 5-10 Pregunta 10 encuesta.

- Promedio: 3,5
- Mediana: 4
- Varianza: 0,4

Pregunta 11: ¿Se ven bien los puntos de interés?

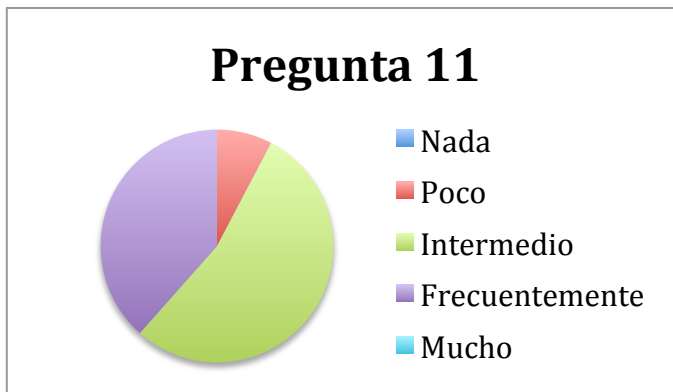


Figura 5-11 Pregunta 11 encuesta.

- Promedio: 3,3
- Mediana: 3
- Varianza: 0,3

Pregunta 12: ¿Se contestan bien las preguntas?

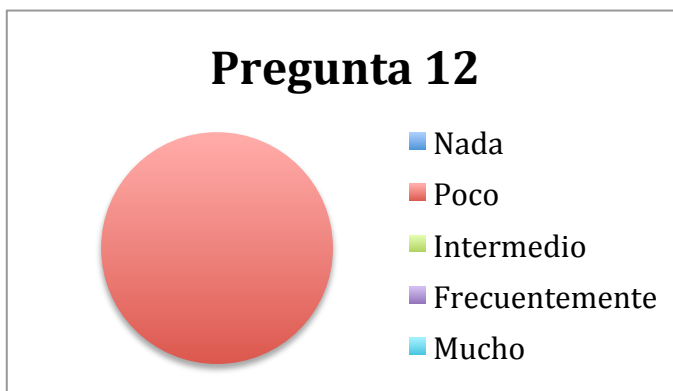


Figura 5-12 Pregunta 12 encuesta.

- Promedio: 2
- Mediana: 2
- Varianza: 0

Pregunta 13: ¿Se entiende bien la síntesis de voz?

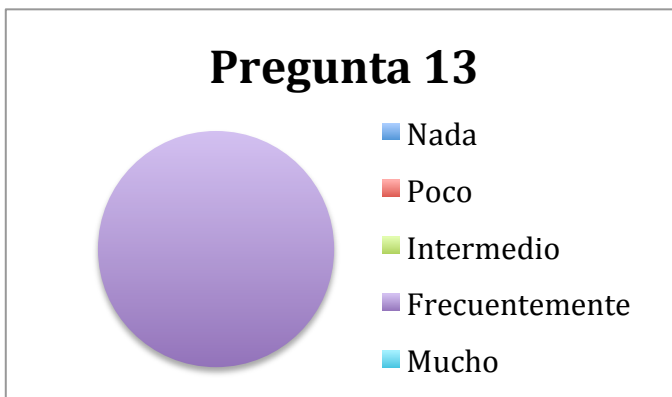


Figura 5-13 Pregunta 13 encuesta.

- Promedio: 4
- Mediana: 4
- Varianza: 0

Pregunta 14: ¿Cómo ha sido la experiencia global de la aplicación?

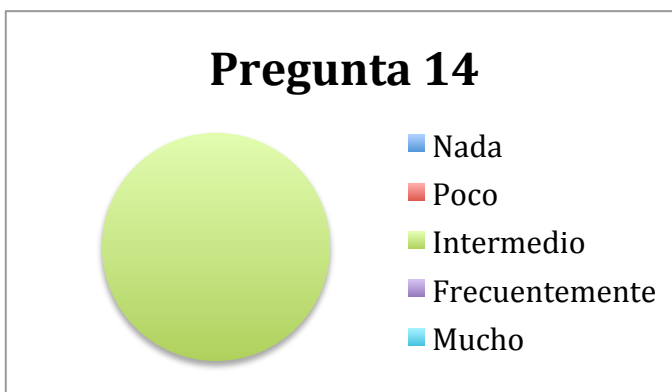


Figura 5-14 Pregunta 14 encuesta.

- Promedio: 3
- Mediana: 3
- Varianza: 0

5.3 Conclusiones de la evaluación.

Como se puede ver en los resultados prácticamente casi todos los encuestados realizan un uso frecuente de los smartphones con el objetivo de comunicarse. En el ámbito de la RA solo el 8% sabe que es la RA, pero a la gran mayoría les parece muy buena idea como herramienta y muy pocos han usado alguna aplicación de RA antes.

En relación a la aplicación, a la gran mayoría les ha gustado la idea, la interfaz les ha parecido fácil. Finalmente indicar que la aplicación tiene una aceptación en términos generales buena.

Capítulo 6

6. Conclusiones y trabajo futuro.

6.1 Conclusiones

El marco de trabajo del PFC se ha desarrollado entorno a una aplicación de RA, un Asistente turístico Avanzado que combina la RA con tecnología de dialogo multimodal. La RA es una especialidad de la tecnología en la que se fusiona la realidad con la realidad virtual. Utilizando la cámara del smartphone a modo de ventana, la aplicación permite a los usuarios visualizar los PDIs que le rodean y consultar su información oralmente.

Trabajar bajo la disciplina de la RA ha sido un reto. El estudio previo ha servido para sentar las bases de conocimiento y orientar bien todos los procesos. Durante el estudio se ha podido comprobar que esta asignatura de la tecnología tiene sus comienzos en los años 60, pero no ha sido hasta la década de los 2000 cuando a empezado a suscitar interés en las empresas y en el público. Antes de la llegada de los sistemas móviles la RA estaba atada a los equipos de escritorio, únicamente se podía disfrutar de esta tecnología en los laboratorios o en casa, pero ahora, en estos momentos, gracias a los avances de la tecnología móvil, la RA a experimentado un avance importante, siendo posible su disfrute en casi cualquier lugar.

En el estudio se ha tenido en cuenta la actualidad del mercado de la RA. Este crece a ritmo lento, pero se ha podido comprobar que a día de hoy existen numerosas compañías dedicadas a esta ciencia, y que ofrecen sus plataformas de desarrollo para crear aplicaciones. La aplicación desarrollada se ha apoyado en una de estas plataformas, la plataforma Wikitude. Wikitude es una compañía que ofrece servicios de RA, y entre sus productos tiene una librería que aporta todas las funcionalidades de RA. Wikitude es la encargada de llevar a cabo la detección, geo-localización y

representación de los puntos de interés. También han sido necesario utilizar otros servicios de otras compañías para llevar a cabo el objetivo de la aplicación. La síntesis de voz y el reconocimiento de voz se ejecuta accediendo a servicios gratuitos de Google.

El uso de estas tecnologías, RA, síntesis y reconocimiento de voz ha sido totalmente novedoso, sobre todo en cuanto a RA. El estudio previo a sido útil, pero a la hora de codificar la aplicación ha sido necesario emplear formación autodidacta de las librerías de terceros y sobre todo de **Java Script**.

En cuanto al desarrollo realizado, la aplicación se ha implementado con el objetivo de que todas los módulos sean independientes y reutilizables. Todo gira entorno al motor de RA implementado que gestiona las funcionalidades de RA, el acceso al servicio de reconocimiento y síntesis de voz.

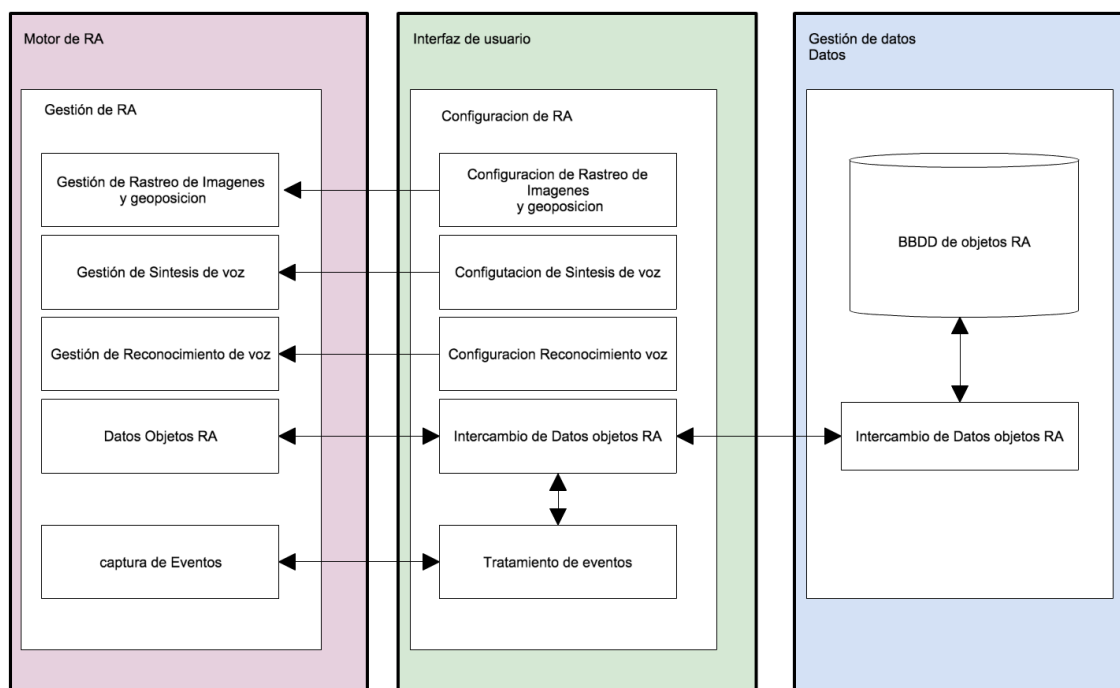


Figura 6-1 Esquema diseño Aplicación POIs

Como se ve en la figura, el motor permite integrar cualquier interfaz y cualquier tipo de datos. La estructura permite reutilizar el motor con diferentes interfaces, con otros eventos y con otros datos, pudiendo enfocar con el mismo motor distintas aplicaciones de RA a otros usos.

Se debe destacar, que las bases establecidas al principio del PFC se han llevado a cabo con éxito. La aplicación implementada cumple con la descripción de funcionalidades indicadas en los objetivos iniciales de este documento. El trabajado resultante es una aplicación de RA que hace de asistente turístico avanzado y muestra los PDIs que rodean al usuario, pudiendo realizar preguntas orales acerca de los mismos.

Durante la ejecución del trabajo han surgido dificultades. El tema de RA está en auge pero todavía no ha dado el paso a la masa crítica. Esto complica el acceso a la información, ya que no es tan abundante como en otras disciplinas. El desarrollo de la aplicación empezó por entender el API de las librerías de RA evaluadas y su compatibilidad con los sistema de reconocimiento y síntesis de voz. Además la experiencia laboral previa no ha servido para el desarrollo pero si para la planificación y organización del proyecto. La experiencia en Java Android era poca, y lo mismo con el lenguaje Java Script, lenguaje hostil y anárquico. Por otro lado, la tecnología de reconocimiento de imagen no es posible aplicarla en espacios exteriores, ya que las condiciones de luz del entorno no son cerradas y están cambiando constantemente. Esta penalización ha sido solventada con la geolocalización, que es menos precisa a la hora de ubicar los PDIs pero hace posible la detección de estos siempre que exista cobertura GPS.

El resultado final es una aplicación en la que los usuarios se ven beneficiados de las características de la RA, accediendo de una forma diferente, novedosa y original a la información que les rodea.

6.2 Trabajo futuro.

Finalizada la aplicación y el estudio del trabajo PFC se sugieren una serie de nuevas ideas sujetas tanto a nuevas modificaciones como nuevas funcionalidades.

Modificaciones:

- Las preguntas a las que atiende la aplicación son muy básicas y estáticas. En la aplicación actual solo se procesa únicamente el pronombre interrogativo. La propuesta de mejora se centra en buscar la información adecuada en función del contenido de la pregunta.
- Actualmente, cuando un objeto es detectado, este es marcado con un icono, denominado marker. En la aplicación actual se ha probado a utilizar imágenes relacionadas con el objeto como markers, pero era mucho más pesado, y se penalizaba tanto la carga como la gestión durante la experiencia de usuario de la RA

en ejecución. Con microprocesadores más ágiles se podrá plantear visualizar Markers en forma de foto correspondiente al objeto seleccionado.

Nuevas funcionalidades:

- La librería wiktitude permite visualizar videos flotando dentro de la RA. Sería muy interesante seleccionar un objeto y tener una nueva opción donde reproducir un contenido multimedia.
- Aparte de la representación de los puntos de interés en la experiencia de RA, puede ser muy interesante tener un mapa donde visualizar la posición del usuario y los puntos de interés que le rodean. Esta idea además de proporcionar un interfaz más de interacción con el usuario, nos permitiría utilizar la aplicación en condiciones de batería baja, ya que cámara la estaría apagada.
- Añadir idiomas: Actualmente el motor de configuración admite cualquier configuración de idioma tanto en el reconocimiento de voz como en la síntesis. Con una ligera modificación, se podría crear una aplicación con soporte para idioma. Solo habría que acomodar la base de datos y un menú de configuración de idioma.
- Portar a plataforma iOS: El esfuerzo sería medio, el interfaz WEB de la librería Wikitude es común entre ambas plataformas. Solo sería necesario implementar la parte Java Android sobre iOS.
- En las nuevas versiones beta de la librería Wikitude se dispone de API para rastrear objetos 3D, cuando esta funcionalidad este terminada permitiría a la aplicación distinguir modelos 3D, como edificios, además de imágenes.

Presupuesto

A continuación se muestra el coste total para realizar el trabajo PFC:

Recursos:

Recursos HW:

Recurso	Importe.
Ordenador portátil:	2000€
Smart Phone Nexus 5	500€
Smart Phone Samsung Galaxy 4	239€
Subtotal HW:	2739

Tabla 12 Costes Recursos HW.

Recursos SW:

Recurso	Importe.
Paquete office Universidad	0€
Editor Eclipse	0€
Librería RA Wikitude	0€
Subtotal	0

Tabla 13 Costes Recursos HW

Recursos Humanos:

Recurso	Importe
Hora laboral Ingeniero Informático	30€/hora

Tabla 14 Costes Recursos Humanos.

Tareas:

Fase 1: Planificación.

Tarea	Duración/persona (Días de 3h)	Importe
Estudio de los sistemas operativos	20 Días	600€
Estudio de sistemas RA	20 Días	600€
Planificación y análisis de requisitos	20 Días	600€
Estudio de las tecnologías a utilizar	20 Días	600€
Subtotal		3000€

Tabla 15 Costes Planificación**Fase 2: Desarrollo.**

Tarea	Duración/persona (Días de 3h)	Importe
Análisis Inicial	20 Días	600€
Implementación del sistema	20 Días	600€
Pruebas unitarias	20 Días	600€
Pruebas de integración.	20 Días	600€
Evaluación de la aplicación.	20 Días	600€
Subtotal		3000€

Tabla 16 Costes Desarrollo.**Fase 3: Documentación.**

Tarea	Duración/persona (Días de 3h)	Importe
Memoria	30 Días	600€
Preparación de la presentación	15 Días	300€
Subtotal		900€

Tabla 17 Costes documentación**Coste Total:**

Subtotal HW.	2739€
Subtotal SW.	0€
Subtotal Planificación.	3000€
Subtotal Desarrollo.	3000€
Subtotal Documentación.	900€
Total coste del PFC	9539€

Tabla 18 Coste Total PFC.

El presupuesto total del PFC asciende a la cantidad de NUEVE MIL QUINIENTOS TREINTA Y NUEVE EUROS.

Madrid, 22 de julio de 15

Anexo

Manual de instalación.

Requisitos Mínimos:

A continuación se muestran los requerimientos mínimos para instalar la aplicación.

- Fichero de la aplicación POIs.apk
- Smartphone con Sistema operativo Android 4.4 o superior.
- Cable USB.
- Un PC o Mac para enviar la aplicación al dispositivo Android.

Pasos para instalar la aplicación:

Para realizar la instalación de la aplicación se debe conectar con el cable USB el smartphone a la computadora, con ambos encendidos.

Con el explorador de archivos de la computadora seleccionar el ejecutable de la aplicación y copiarlo en cualquier carpeta del smartphone. Conviene que sea una carpeta visible desde el smartphone, por ejemplo la carpeta downloads.

Cuando el archivo se haya copiado en carpeta se debe desconectar el USB. Con el teléfono ir a dicha carpeta y seleccionar el archivo POIs.apk. Seleccionado la aplicación comenzara a instalarse. Cuando haya finalizado la instalación, podemos ir al menú de aplicaciones y buscar la aplicación POIs para a continuación ejecutarla.

GLOSARIO

Término	Descripción
Android	<ul style="list-style-type: none"> • Sistema operativo de smartphones.
Bluetooth	<ul style="list-style-type: none"> • Sistema de comunicación sin cables entre dispositivos.
Bytecode Dex	<ul style="list-style-type: none"> • Tipo de ejecutable android.
CDMA	<ul style="list-style-type: none"> • Tipo de chipsets para la tecnología móvil.
Davik	<ul style="list-style-type: none"> • Máquina virtual de Java sobre Linux. Esta máquina ejecuta las aplicaciones Android.
Eclipse	<ul style="list-style-type: none"> • Plataforma de desarrollo de aplicaciones.
frameworks	<ul style="list-style-type: none"> • Entornos de desarrollo para aplicaciones.
Gateway	<ul style="list-style-type: none"> • Equipo para interconectar redes.
GPS	<ul style="list-style-type: none"> • Sistema de geo-posicionamiento.
HSPA+	<ul style="list-style-type: none"> • Tecnología inalámbrica de comunicaciones entre dispositivos.
iOS	<ul style="list-style-type: none"> • Sistema operativo de Apple para iPad, iPhone y iPod touch.
offline	<ul style="list-style-type: none"> • Sin necesidad de estar conectado a Internet.
onLine	<ul style="list-style-type: none"> • Necesidad de estar conectado a Internet.
PDI	<ul style="list-style-type: none"> • Punto de interés.
PFC	<ul style="list-style-type: none"> • Proyecto Fin de Carrera
Phone Gap	<ul style="list-style-type: none"> • Plataforma de desarrollo de aplicaciones para sistemas Android e iOS.
placas embebidas	<ul style="list-style-type: none"> • Pequeños sistemas de computación. Con restricciones mayores que un PC.
RA	<ul style="list-style-type: none"> • Realidad Aumentada.
Smartphones	<ul style="list-style-type: none"> • Teléfonos computadoras.
Tablet	<ul style="list-style-type: none"> • Sistema móvil con características muy parecidas al teléfono inteligente pero con la pantalla superior a 7".
Telerik	<ul style="list-style-type: none"> • Plataforma de desarrollo de aplicaciones para sistemas Android e iOS.
Titanium	<ul style="list-style-type: none"> • Plataforma de desarrollo de aplicaciones para sistemas Android e iOS.
Wikipedia	<ul style="list-style-type: none"> • Página web gratuita que reúne todo tipo de información.
W-CDMA	<ul style="list-style-type: none"> • Tipo chipsets para la tecnología móvil

Bibliografía.

Referencia	Disponibilidad
[AMTURING]	<ul style="list-style-type: none">• http://amturing.acm.org/photo/sutherland_3467412.cfm
[ANATOMY 4D]	<ul style="list-style-type: none">• http://www.4danatomy.com/
[ANDROIDCOM]	<ul style="list-style-type: none">• www.android.com• http://developer.android.com/reference/android/app/Activity.html
[ARQUAKE]	<ul style="list-style-type: none">• http://en.wikipedia.org/wiki/ARQuake
[ARQUITECTURAANDROID]	<ul style="list-style-type: none">• http://lslutnfra.blogspot.com.es/2013/01/arquitectura-de-android-os-curso.html
[ARTOOLKIT]	<ul style="list-style-type: none">• http://www.hitl.washington.edu/artoolkit/
[BLOOMBERGARTICLES]	<ul style="list-style-type: none">• http://www.bloomberg.com/bw/articles/2014-11-19/we-now-spend-more-time-staring-at-phones-than-tvs
[ELPAIS]	<ul style="list-style-type: none">• http://economia.elpais.com/economia/2014/10/02/actualidad/1412248263_581779.html
[FIELDTRIPPER]	<ul style="list-style-type: none">• https://www.fieldtripper.com/
[FUNDACIONTELEFONICA]	<ul style="list-style-type: none">• http://www.realidadaumentada-fundaciontelefonica.com/realidad-aumentada.pdf
[IDSAWINPHONE]	<ul style="list-style-type: none">• http://www.idsa.org

[IAB-SPAIN]	<ul style="list-style-type: none"> • http://www.iab-spain.net
[IEEETOMCAUDELL]	<ul style="list-style-type: none"> • http://ieeexplore.ieee.org/
[INNOVAE]	<ul style="list-style-type: none"> • http://realidadaumentada.info/realidad-aumentada/
[JAVAORACLE]	<ul style="list-style-type: none"> • http://www.oracle.com/technetwork/java/embedded/javame/index.html
[LAYAR]	<ul style="list-style-type: none"> • www.layar.com
[MYRONKRUEGER]	<ul style="list-style-type: none"> • http://thedigitalage.pbworks.com/w/page/22039083/Myron%20Krueger
REALIDADAUMENTADACOM	<ul style="list-style-type: none"> • http://www.realidadvirtual.com/realidad-aumentada/
[UNIVCARDENALHERRERA]	<ul style="list-style-type: none"> • https://blog.uchceu.es/informatica/ranking-de-sistemas-operativos-mas-usados-para-2015/
[VPLINVESTIGATION]	<ul style="list-style-type: none"> • www.vrs.org.uk
[WIKIANDROID]	<ul style="list-style-type: none"> • http://es.wikipedia.org/wiki/Android
[WIKIDARWIN]	<ul style="list-style-type: none"> • http://es.wikipedia.org/wiki/Darwin_(sistema_operativo)
[WIKIIOS]	<ul style="list-style-type: none"> • http://es.wikipedia.org/wiki/iOS
[WIKIIVANSUTHELAND]	<ul style="list-style-type: none"> • http://es.wikipedia.org/wiki/Ivan_Sutherland
[WIKISISTEMASOPERATIVOS]	<ul style="list-style-type: none"> • http://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_operativo_m%C3%

B3vil

[WIKIWINPHONE]

- https://es.wikipedia.org/wiki/Windows_Phone
-

[WIKIRA]

- http://es.wikipedia.org/wiki/Realidad_aumentada

[WIKITUDEAR]

- <http://en.wikipedia.org/wiki/Wikitude>. <http://digital-lifestyles.info/2008/10/23/wikitude-android-app-with-augmented-reality-mind-blowing/>
- <http://www.wikitude.com/developer/documentation/android>

[WIKIVIDEOPLACE]

- <http://en.wikipedia.org/wiki/Videoplace>

[ARTDALVIK]

- <https://sites.google.com/site/swcuc3m/home/android/generalidades/2-2-arquitectura-de-android>